

## **Metodologia BIM aplicada à preparação, controlo e gestão de obra**

**ARMANDO JOSÉ ESTEVES DA SILVA**

Outubro de 2012

INSTITUTO POLITÉCNICO DO PORTO

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO



Mestrado em **ENGENHARIA CIVIL** – Gestão da Construção

Relatório de Estágio

METODOLOGIA BIM, APLICADA À PREPARAÇÃO, CONTROLO E  
GESTÃO DE OBRA

**Armando Esteves**

Nº 1070889

Novembro de 2012

**Orientador:** Eng.º António Ruivo Meireles (Mota-Engil Engenharia – Dep. de Inovação)

**Co - Orientador:** Eng.º José Carlos Pinto de Faria (ISEP/DEC)



A informação constante dos anexos 2 a 39 é confidencial.





## **Dedicatória**

À minha família em geral e aos meus filhos em particular por todo o apoio, carinho e incentivo nos momentos mais difíceis.

Obrigado!



### **Agradecimentos**

Agradeço em primeiro lugar à Mota-Engil Engenharia, por me ter proporcionado a realização deste estágio, ao abrigo do protocolo realizado com o ISEP, numa área tecnológica tão emergente do setor da construção.

Aos seus colaboradores, com quem me relacionei durante o trabalho desenvolvido, pela disponibilidade e elevado profissionalismo.

Ao meu orientador, Eng.º António Ruivo Meireles, por todo o apoio e disponibilidade demonstrada.

Ao meu co – orientador, Eng.º José Carlos Pinto de Faria, sempre disponível para apoio e revisão das matérias desenvolvidas e pelas importantes sugestões e orientações dadas durante a realização do trabalho.

À minha família pelo apoio incondicional sempre presente.

Por fim agradeço aos meus colegas de curso, com quem dividi alegrias, tristezas e principalmente os sucessos, pelo apoio e incentivo que sempre partilhamos.



## Resumo e Palavras-Chave

**Palavras-chave:** Preparação de obra, BIM - *Building information model*, Gestão de Obra, Execução de obra

### Resumo

O âmbito deste trabalho envolve o teste do modelo BIM numa obra em construção pela Mota-Engil – Engenharia, na extração experimental de peças desenhadas de preparação e apoio à execução de obra.

No capítulo 1 deste relatório são definidos o âmbito e os objetivos deste trabalho, é feito um enquadramento histórico do tema e abordados conceitos e atividades da preparação de obra, na sua forma tradicional.

O estado do conhecimento da preparação de obras e mais em concreto da tecnologia BIM a nível nacional e internacional é abordado no capítulo 2. Nesse sentido procura-se definir os conceitos principais inerentes a esta nova metodologia, que passa por identificar e caracterizar a tecnologia envolvida e o seu nível de desenvolvimento.

Com suporte em casos práticos de preparação de obra na sua forma tradicional, identificados e desenvolvidos no capítulo 3, foi compilado um processo tipo de peças desenhadas de suporte identificadas e caracterizadas no capítulo 4, frequentes e comuns à execução de diversos tipos de obras de edifícios.

Assente na compilação baseada em casos práticos e no estudo do projeto de execução da empreitada que sustenta o presente trabalho, com base no qual o modelo BIM foi concebido, identificou-se um conjunto de peças desenhadas de preparação e apoio à execução dos trabalhos, em 2D, a extrair do modelo. No capítulo 5, é feita uma descrição

do modo como foi estudado o projeto da obra, com evidência para os fatores mais relevantes, especificando os desenhos a extrair.

Suportada pelo programa de modelação *ArchiCAD*, a extração do conjunto de desenhos identificados anteriormente foi conseguida com recurso às funcionalidades disponíveis no *software*, que permite a criação de desenhos 2D atualizáveis ou não automaticamente a partir do modelo. Qualquer alteração introduzida no modelo virtual é automaticamente atualizada nos desenhos bidimensionais, caso o utilizador assim o pretenda.

Ao longo desse trabalho foram detetados e analisados os condicionalismos inerentes ao processo de extração, referidos no capítulo 6, para estabelecimento de regras de modelação padrão a adotar em futuras empreitadas, que possam simplificar a obtenção dos elementos desenhados de preparação necessários à sua execução. No ponto 6.3 são identificadas melhorias a introduzir no modelo.

Em conclusão no capítulo 7 são abordadas especificidades do setor da construção que sustentam e evidenciam cada vez mais a necessidade de utilizar as novas tecnologias com vista à adoção de práticas e ferramentas padrão de apoio à execução de obras.

Sendo a tecnologia BIM, transversal a todo o setor, a sua utilização com regras padrão na conceção dos modelos e na extração de dados, potencia a otimização dos custos, do tempo, dos recursos e da qualidade final de um empreendimento, ao longo de todo o seu ciclo de vida, para além de apoiar com elevada fiabilidade as tomadas de decisão ao longo desse período. A tecnologia BIM, possibilita a antevisão do edifício a construir com um elevado grau de pormenor, com todas as vantagens que daí advêm.

### **Keywords e Abstract**

**Keywords:** Preparation of works, BIM - Building information model, Construction management, Building Construction

### **Abstract**

The scope of this work involves testing the BIM model of a construction in progress by Mota-Engil - Engineering, on the extraction of experimental preparation drawings to support the construction execution.

In Chapter 1 of this report are defined the scope and objectives of this work, is made a historical framing of the issue and discussed concepts and activities of work preparation, in its traditional form.

The state of knowledge of works preparation and more specifically of BIM technology, nationally and internationally, is presented in chapter 2. In this sense seeks to define key concepts inherent this new approach to identify and characterize the technology involved and their level of development.

With support on practical works preparation in its traditional form, identified and developed in chapter 3, was compiled a process type of support drawings identified and characterized in Chapter 4, frequent and common of various types of building works.

Based on the compilation of case studies and the study of contractual project design, based on which the BIM model was designed, were identified a set of preparation and support drawing to carry out the work in 2D to extract the model. Chapter 5 is a description of how the project design of the building was studied, with evidence for the most relevant factors, specifying the drawings to extract from de model.



Supported by the modeling program ArchiCAD, the extraction of previously identified set of drawings was achieved using the features available in the software, which allows you to create 2D drawings automatically updatable or not from the model. Any change made to the virtual model is automatically updated in two-dimensional drawings, if the user so wishes.

Throughout this work were detected and analyzed the constraints inherent in the extraction process, referred to in Chapter 6, to establish standard modeling rules to adopt in future contracts that can simplify obtaining the drawn elements of preparation necessary for execution of works on site. In Section 6.3 are identified improvements to the model.

In conclusion in chapter 7 are discussed specifics of the construction sector and supporting evidence increasingly need to use new technologies with a view to the adoption of standard practices and tools to support the execution of works. Being BIM, across the entire sector, its use with default standard rules in the design of models and data extraction, power optimization of costs, time, resources and quality of a final project throughout their life cycle, in addition to supporting high reliability decision making throughout this period. The BIM technology enables the foresight to build the building with a high degree of detail, with all the advantages arising.

## *Índice de texto*

Capítulo 1. Introdução .....	3
1.1. Justificação .....	3
1.2. Campo de Aplicação .....	4
1.3. Enquadramento histórico .....	4
1.4. A preparação da obra na sua forma tradicional.....	7
1.4.1. Conceitos Principais.....	7
1.4.2. Gestão da informação .....	9
1.4.3. Preparação e Planeamento.....	10
1.5. Âmbito e objetivos.....	11
1.5.1. Âmbito .....	11
1.5.2. Objetivos .....	13
Capítulo 2. Estado do Conhecimento .....	17
2.1. Definições e Conceitos.....	17
2.1.1. BIM ( <i>Building Information Model</i> ).....	17
2.1.2. Interoperabilidade .....	28
2.1.3. Relações paramétricas.....	28
2.1.4. IFC ( <i>Industry Foundation Classes</i> ).....	31
2.1.5. Aplicações associadas ao BIM que suportam a base IFC.....	34
2.1.6. IFD ( <i>International Framework for Dictionaries</i> ) .....	38

---

2.1.7.	IDM ( <i>Information Delivery Manual</i> ) .....	38
2.1.8.	MVD ( <i>Model View Definitions</i> ).....	38
2.1.9.	IPD ( <i>Integrated Project Delivery</i> ) .....	40
2.2.	Estado do conhecimento no âmbito da preparação, controlo e gestão de obras..	42
2.2.1.	Estado do conhecimento em Portugal.....	42
2.3.	A internacionalização do BIM .....	45
2.3.1.	Os <i>Standards</i> .....	45
2.3.2.	A implantação do BIM internacionalmente .....	46
2.4.	O papel da tecnologia BIM na globalização .....	50
2.5.	<i>Software</i> de modelação 3D.....	51
2.6.	Aplicações periféricas de extração e tratamento de dados e respetivas funcionalidades.....	56
2.7.	Técnicas e Metodologias .....	60
Capítulo 3.	Identificação das exigências de informação para execução de obra, relativas a cada especialidade.....	63
3.1.	Gestão da informação de projeto .....	64
3.1.1.	Na relação com a fiscalização (dono de obra, projetistas, entidades oficiais)	65
3.1.2.	Na relação com os subempreiteiros e fornecedores .....	66
3.1.3.	Na relação com as frentes de obra .....	66
3.2.	Peças escritas e desenhadas para apoio à execução dos trabalhos .....	67
3.2.1.	Betão armado .....	67
3.2.2.	Alvenarias .....	72

---

---

3.2.3.	Acabamentos .....	73
3.2.4.	Redes de abastecimento de água e incêndio .....	77
3.2.5.	Rede de esgotos e águas pluviais .....	80
3.2.6.	Redes de ar, ventilação e ar condicionado .....	81
3.2.7.	Redes de gás .....	81
3.2.8.	Pavimentação e arranjos exteriores .....	82
3.3.	Planeamento .....	83
3.3.1.	Planos de microplaneamento.....	85
3.3.2.	Datas-chave .....	86
Capítulo 4.	Compilação pormenorizada das necessidades típicas de preparação de obra na sua forma tradicional.....	89
4.1.	Informação a incluir nos desenhos .....	89
4.2.	Peças desenhadas típicas de preparação de obra .....	89
Capítulo 5.	Teste do Modelo BIM, na obtenção da informação necessária ao desenvolvimento dos trabalhos .....	93
5.1.	Estudo do projeto da obra .....	93
5.1.1.	Projeto de arquitetura.....	93
5.1.2.	Projeto de estruturas de betão armado .....	97
5.1.3.	Desenhos de preparação de obra a extrair experimentalmente do modelo .	100
Capítulo 6.	Análise de resultados .....	109
6.1.	Extração e compilação de desenhos relativos à execução das fundações.....	111
6.2.	Extração e compilação de desenhos relativos à execução da estrutura elevada .	112

---

6.3.	Extração e compilação de desenhos relativos à execução das alvenarias.....	115
6.4.	Extração e compilação de desenhos relativos à execução dos acabamentos .....	118
6.5.	Identificação de melhorias ao modelo.....	121
Capítulo 7.	Conclusões.....	127
Capítulo 8.	Proposta de trabalhos a desenvolver no futuro .....	131
Capítulo 9.	Referências Bibliográficas .....	135

*Índice de Gráficos*

Gráfico 1 - Títulos habilitantes na construção em Portugal – Fonte:(InCI.IP, 2011).....	43
---	----



## ***Índice de Figuras***

Figura 1 - Atividades de preparação de obra.....	10
Figura 2 - Planta de localização do edifício .....	11
Figura 3 - Extração de peças desenhadas 2D a partir do modelo BIM [Fonte:(Hermogenes, 2007)].....	13
Figura 4 - O BIM no ciclo de vida do edifício [Fonte: (BIM'nCAD, 2012)].....	17
Figura 5 - Plataforma IFC [Fonte:(BuildingSMART, 2012)] .....	32
Figura 6 - IFC2X4 - [Fonte: (MSG, 2010)].....	33
Figura 7 - Model View Definition [Fonte: (GeorgiaTech, 2012)].....	39
Figura 8 - IPD - Integrated Project Delivery [Fonte:(BluEnt, 2012)] .....	40
Figura 9 – IPD System - A relação entre os intervenientes no empreendimento [Fonte (BluEnt, 2012)] .....	41
Figura 10 - BIM no mundo – [Fonte: (WSP, 2012)] .....	49
Figura 11 - O papel do BIM na internacionalização .....	50
Figura 12 - Gestão da informação de projeto .....	64
Figura 13 - Gestão da informação de projeto na relação com a fiscalização.....	65
Figura 14 - Gestão da informação de projeto na relação com os subempreiteiros e fornecedores .....	66
Figura 15 - Gestão da informação de projeto com as frentes de obra.....	66
Figura 16 - Corte de escada tipo - Superfície de betão versus acabamento final .....	70
Figura 17 - Desenho tipo de preparação de uma rampa com desenvolvimento circular.....	71
Figura 18 - Exemplo - Layout de equipamentos a instalar numa lavandaria .....	79
Figura 19 - Níveis de Planeamento [Fonte:(Nunes, 2010)] .....	84
Figura 20 – LOB- <i>Line of Balance</i> obtido a partir do <i>software</i> VICO (Exemplo) [Fonte:(Nunes, 2010)] .....	86



Figura 21 - Imagem 3D do modelo de arquitetura do edifício [Fonte: Mota-Engil].....	100
Figura 22 - Imagem 3D do modelo de estrutura do edifício [Fonte: Mota-Engil] .....	100
Figura 23 – Imagem 3D do modelo das fundações do edifício [Fonte: Mota-Engil] .....	101
Figura 24 - Vista 3D - Alvenarias do 2º Piso [Fonte: Mota-Engil] .....	103
Figura 25 - Extração de informação do modelo [Fonte: Mota-Engil] .....	109
Figura 26 - <i>ArchiCAD</i> - Mapa de projeto e Mapa de vistas [Fonte: Mota-Engil] .....	110
Figura 27 – <i>ArchiCAD</i> - Mapa de Layout's e Publicador [Fonte: Mota-Engil] .....	110

## *Índice de Quadros*

Quadro 1 - Level Of Detail - Níveis Genéricos [traduzido de (Van, 2008)] .....	19
Quadro 2 - Model Progress Specification [Fonte: (Bedrick, 2008)].....	22
Quadro 3 - Level of Detail do model progress Specification - Exemplos [Fonte: (Bedrick, 2008)].....	23
Quadro 4 – Famílias de objetos base da maioria das aplicações BIM [Fonte: (Eastman <i>et al</i> , 2011)] .....	29
Quadro 5 - Objetos de modelação pré-definidos em ferramentas de modelação BIM [Fonte: (Eastman <i>et al</i> , 2011)].....	30
Quadro 6 - Aplicações de modelação de arquitetura que utilizam a base IFC [Fonte: (BS-ModelSupportGroup, 2012)] .....	35
Quadro 7 - Aplicações de modelação de especialidades que utilizam a base IFC [Fonte: (BS-ModelSupportGroup, 2012)] .....	36
Quadro 8 - Aplicações de cálculo e modelação de estruturas que utilizam a base IFC [Fonte: (BS-ModelSupportGroup, 2012)].....	37
Quadro 9 - Vantagens da implementação do conceito IPD [Fonte:(BluEnt, 2012)].....	41
Quadro 10 - A implantação internacional do BIM [Fontes: (Khemlani, 2012, WSP, 2012)] .....	46
Quadro 11 – Aplicações periféricas BIM para avaliação do desempenho em edifícios [Fonte:(BS-ModelSupportGroup, 2012)] .....	56
Quadro 12 - Aplicações periféricas BIM de gestão da construção [Fonte:(BS-ModelSupportGroup, 2012)] .....	56
Quadro 13 - Aplicações periféricas BIM de gestão de dados [Fonte:(BS-ModelSupportGroup, 2012)] .....	57

Quadro 14 - Aplicações periféricas BIM de ferramentas de desenvolvimento [Fonte:(BS-ModelSupportGroup, 2012)].....	57
Quadro 15 - Aplicações periféricas BIM de gestão de edifícios [Fonte:(BS-ModelSupportGroup, 2012)].....	58
Quadro 16 - Aplicações periféricas BIM de Sistemas de informação geográfica [Fonte:(BS-ModelSupportGroup, 2012)].....	58
Quadro 17 - Aplicações periféricas BIM de suporte específico [Fonte:(BS-ModelSupportGroup, 2012)].....	58
Quadro 18 - Aplicações periféricas BIM de visualização de modelos [Fonte:(BS-ModelSupportGroup, 2012)].....	59
Quadro 19 - Desenhos de preparação das fundações do edifício.....	101
Quadro 20 - Desenhos de preparação da estrutura elevada .....	102
Quadro 21 - Desenhos de preparação de paredes e alvenarias .....	103
Quadro 22 - Desenhos de preparação de acabamentos .....	104
Quadro 23 - Desenhos de preparação de elementos diversos.....	105
Quadro 24 - Síntese da extração dos desenhos de preparação relativos à fase das fundações .....	111
Quadro 25 – Síntese da extração dos desenhos de preparação relativos à fase da estrutura elevada .....	112
Quadro 26 - Síntese da extração dos desenhos de preparação relativos à fase de alvenarias .....	116
Quadro 27- Síntese da extração dos desenhos de preparação relativos à fase de acabamentos.....	118

## ***Índice de Anexos***

- **Anexo 1** – MPS implementado na Mota-Engil Engenharia, com os níveis de detalhe a adotar nas diferentes fases do projeto e para as diversas especialidades.

### **Desenhos tipo característicos da preparação de obra na sua forma tradicional**

- **Anexo 2** – Planta de fundações – implantação com coordenadas topográficas
- **Anexo 3** – Planta de fundações com implantação dos elementos verticais
- **Anexo 4** – Planta de fundações com eixos de implantação
- **Anexo 5** – Planta de eixos dos pisos superiores
- **Anexo 6** – Planta de negativos das lajes
- **Anexo 7** – Planta de cofragens de laje aligeirada - Conjunto
- **Anexo 7.1** – Planta de cofragens de laje aligeirada – Vigas “Alsina”
- **Anexo 7.2** – Planta de cofragens de laje aligeirada – Fundos de vigas
- **Anexo 7.3** – Planta de cofragens de laje aligeirada – Vigas “Doka”
- **Anexo 7.4** – Planta de cofragens de laje aligeirada – Painéis “Alsina”
- **Anexo 7.5** – Planta de cofragens de laje aligeirada – Vigas de madeira
- **Anexo 7.6** – Planta de cofragens de laje aligeirada – Cofragem tradicional
- **Anexo 8** – Pormenorização de caixa de escadas
- **Anexo 9** – Pormenorização de reservatório enterrado
- **Anexo 10** – Pormenorização das rampas de acesso às caves
- **Anexo 11** – Planta de alvenarias – Piso tipo
- **Anexo 12** – Pormenorização das alvenarias da caixa de escadas
- **Anexo 13** – Plantas de compatibilização de especialidades 2D
- **Anexo 14** – Planta de redes enterradas
- **Anexo 15** – *Layout* tipo de espaços técnicos

- **Anexo 16** – *Layout* tipo de espaços de serviço
- **Anexo 17** – Planta e pormenorização de coberturas

### **Desenhos de preparação de obra extraídos experimentalmente do modelo BIM**

- **Anexo 18** – Desenho n.º 0101 – Planta de base das fundações
- **Anexo 19** – Desenho n.º 0102 – Planta de eixos
- **Anexo 20** – Desenho n.º 0201.3 – Planta estrutural do teto do piso 0
- **Anexo 21** – Desenho n.º 0201.4 – Planta estrutural do teto do piso 1
- **Anexo 22** – Desenho n.º 0202 – Alçados de muros de suporte
- **Anexo 23** – Desenho n.º 0204 – Pormenorização de rampas
- **Anexo 24** – Desenho n.º 0205.1 – Pormenorização de escadas
- **Anexo 25** – Desenho n.º 0301 – Planta de juntas do pavimento térreo
- **Anexo 26** – Desenho n.º 0302.4 – Alvenarias do piso 1 / Pormenores
- **Anexo 27** – Desenho n.º 0302.5 – Alvenarias do piso 2 / Pormenores
- **Anexo 28** – Desenho n.º 0302.6 – Alvenarias do piso 3 / Pormenores
- **Anexo 29** – Desenho n.º 0303.4 – Paredes de gesso do piso 1 / Pormenores
- **Anexo 30** – Desenho n.º 0303.5 – Paredes de gesso piso 2 / Pormenores
- **Anexo 31** – Desenho n.º 0303.6 – Paredes de gesso do piso 3 / Pormenores
- **Anexo 32** – Desenho n.º 0304.1 – Fachada sul – Estereotomia
- **Anexo 33** – Desenho n.º 0304.2 – Fachada poente - Estereotomia
- **Anexo 34** – Desenho n.º 0304.3 – P14 – Fachada Nascente - Estereotomia
- **Anexo 35** – Desenho n.º 0304.4 – P16 – Parede interior - Estereotomia
- **Anexo 36** – Desenho n.º 0304.5 – P20 – Fachada Nascente - Estereotomia
- **Anexo 37** – Desenho n.º 0401.5 – Acabamento de paredes – Piso 0
- **Anexo 38** – Desenho n.º 0405.3 – Acabamento de tetos – Piso 0
- **Anexo 39** – Desenho n.º 0407.3 – Acabamento de pavimentos – Piso 0

### ***Lista de siglas***

**BIM** - *building information model* (modelo de informação da construção)

**AEC** - *Architecture, Engineering and Construction* (Arquitetura, Engenharia e Construção)

**VDC** - *Virtual Design and Construction* (Desenho virtual e construção)

**IPD** - *Integrated Project Delivery* (Entrega de Projeto Integrado)

**PLM** - *Product Life Management* (Gestão do ciclo de vida do Produto)

**ERP** - *Enterprise Resource Planning* (Planeamento empresarial de recursos)

**IFC** - *Industry Foundation Classes* (Base de dados de Produtos da Construção)

**IFD** - *International Framework for Dictionaries*

**IDM** - *Information Delivery Manual*

**MDV** - *Model View Definitions*

**LOD** - *Level of detail*

**MPS** - *Model Progress Specification*

**AIA** - *American Institute of Architects*

**DP** - *Digital Project*

**MEP** - *Mechanical, electrical, and plumbing*

**PTC** - Parametric Technologies Corporation

**LOB** - Line of Balance (Linha de Balanço)

**MEA** – *Model Element Author*

**2D** – Duas dimensões

**3D** – Três dimensões

**4D** – Quatro dimensões – agregação do tempo ao modelo BIM tridimensional

**5D** – Cinco dimensões – agregação dos custos ao modelo BIM tridimensional

**CAD** – *Computer Aided Design*

**FF&E** – *Furniture, Fixtures & Equipment* (mobiliário, equipamento fixo e móvel)

**LEED** – Leadership in Energy and Environmental Design (Sistema de certificação ambiental de edifícios – Estados Unidos da América)

# Capítulo 1 - Introdução





## **Capítulo 1. Introdução**

### **1.1. Justificação**

A rápida evolução tecnológica que atualmente se evidencia e reflete nos mais diversos setores de atividade, obriga a uma cada vez mais rápida atualização dos processos de gestão e controlo das atividades produtivas por parte das entidades envolvidas, sejam estas organismos públicos, empresas privadas ou profissionais ativamente envolvidos.

Na indústria da construção, ao contrário de outras indústrias, não é possível estabelecer linhas de montagem que se aperfeiçoam, no sentido de produzir um determinado produto, de forma cada vez mais eficiente e rentável, por um período mais ou menos longo.

Cada empreitada é objeto de um projeto único, diferente de qualquer outro, e mesmo que aparentemente o volume a construir, a sua compartimentação interior e utilização futura sejam as mesmas, diversos outros fatores internos e externos são distintos durante a sua execução. Este facto torna difícil a adoção de processos construtivos que se repitam e tornem mais rentáveis em obras subsequentes.

Outro dos fatores que condiciona largamente a rentabilidade dos processos construtivos relaciona-se com a frequente adoção de elementos e pormenores únicos, não enquadráveis ou executáveis com materiais provenientes da indústria estandardizada.

A forma inevitável de otimizar a qualidade, o custo e o prazo das construções passa por estudar virtualmente a sua execução com antecedência, e assim proporcionar as tomadas de decisão que se vislumbrem necessárias, antes do início dos trabalhos. Nesse sentido a tecnologia BIM – *Building Information Modeling*, vem possibilitar o estudo antecipado das soluções de projeto, a compatibilização das diferentes especialidades, a quantificação de todos os trabalhos e materiais que compõem a obra, a ligação das diferentes fases de

execução com o planeamento e a antevisão dos riscos associados aos diversos processos construtivos.

## **1.2. Campo de Aplicação**

Este trabalho englobará o acompanhamento e a colaboração na modelação BIM do Edifício Central da UPTEC, Associação de Transferência de Tecnologia da Asprela, cuja construção está a cargo da Mota-Engil Engenharia, com o intuito de definir o conjunto de peças desenhadas de preparação de obra para apoio à execução dos trabalhos passíveis de serem obtidas a partir do modelo.

## **1.3. Enquadramento histórico**

A preparação de obra, tal como atualmente reconhecemos, foi uma atividade que surgiu nos anos 70 do século passado, associada à execução de empreitadas de construção civil, com o objetivo de detetar e suprir deficiências dos projetos, compatibilizar as diversas peças que os constituem e em larga medida colmatar a falta de formação específica adequada de uma grande parte dos intervenientes na execução das obras. Sendo notória nessa altura a dificuldade na interpretação de desenhos, na coordenação das diversas peças e na sua transposição para o contexto da execução, foi necessário criar uma atividade de ligação entre o projeto e a execução no terreno.

De acordo com Cardoso (2007) adaptar o projeto à obra é, para além da óbvia eliminação de dúvidas, erros e omissões, decompô-lo nos seus diferentes aspetos escritos e desenhados, definindo fases e métodos de execução, preparando desenhos distintos de fabricação e colocação (de cofragens e de armaduras, por exemplo), desenhando pormenores de execução, enfim, é prepará-lo para que fique perfeitamente legível e adequado às

responsabilidades e conhecimentos de quem vai executar os diferentes trabalhos de gabinete e de campo.

Até então, a execução das obras tinha como figura central o encarregado, e eram executadas com recurso a projetos generalistas, adequados às práticas e ao grau de formação dos intervenientes da época.

A necessidade de técnicos preparadores de obras surgiu de um conjunto de fatores relativamente recentes na realidade das construções modernas(Reis, 2010).

O âmbito dessa atividade foi-se alargando com o decorrer do tempo, em função dos cada vez mais elaborados projetos, das mais exigentes condições de execução, da envergadura das obras em causa, dos prazos de execução e dos *plafonds* cada vez mais limitados.

Na década de 90, com a evolução das aplicações informáticas associadas à execução dos projetos e à gestão das obras, foram também evoluindo as técnicas de apoio à execução, suportadas pela informatização dos processos de preparação de obra. A elaboração das peças desenhadas planificadas assentava na conjugação da informação dos diferentes projetos, numa base bidimensional com recurso a *software* CAD.

Atualmente é cada vez mais vasta a informação a tratar, resultado de projetos com elevada complexidade, fruto da transversal e acelerada evolução tecnológica das últimas décadas. Hoje em dia os projetos de construção são cada vez mais complexos, sendo os edifícios construídos com estruturas tecnologicamente avançadas combinadas com uma marcante componente artística (Reis, 2010).

Neste contexto vislumbra-se cada vez mais necessário a utilização de ferramentas que aproximam o projeto concebido e os seus diversos componentes, do modelo real.

A metodologia BIM, associada ao ciclo de vida de um projeto, procura com base num modelo virtual tridimensional, antever a promoção, a conceção, a execução e a exploração do modelo real, congregando todos os seus componentes e interações exteriores em cada fase.

A modelação de edifícios é reportada à década de 70 do século passado e tem como grande impulsionador a primeira autoridade a nível mundial nesta matéria, Chuck Eastman<sup>1</sup>. No entanto o termo BIM foi utilizado pela primeira vez pelo arquiteto da Autodesk, Phil Bernstein, sendo depois generalizado por Jerry Laiserin, como um nome comum para a representação digital dos processos de construção, característica de um pequeno conjunto de aplicações então disponíveis no mercado (Sousa *et al*, 2011).

---

<sup>1</sup> Trabalha na área da modelação de edifícios desde a década de 1970, ligado a universidades dos Estados Unidos, incluindo a UCLA e a Carnegie-Mellon. Publicou diversos livros ligados ao tema, é co-autor do BIM HandBook 2011 (2ª edição). Atualmente é professor no Colleges of Architecture and Computing at Georgia Institute of Technology, Atlanta, e Director do Georgia Tech's Digital Laboratory. Colabora ainda com as associações da indústria AEC Norte Americana, como a AISC, NIBS, FIATECH, e AIA TAP. É frequentemente orador em diversas conferências promovidas pelas associações representativas da indústria AEC.

---

## **1.4. A preparação da obra na sua forma tradicional**

### **1.4.1. Conceitos Principais**

Os processos de preparação de obra iniciam-se com a elaboração de elementos de base na fase inicial da obra (Dias, 2008):

- Organização do dossier de empreitada;
- Preparação do livro de registo da obra;
- Análise do contrato e caderno de encargos da obra;
- Estudo do projeto da obra e respetivas especificações técnicas;
- Estudos dos processos construtivos mais adequados;
- Identificação dos fornecedores de materiais, subempreiteiros e tarefeiros;
- Elaboração do projeto de estaleiro;
- Projeto de sinalização de caráter temporário;
- Plano de demolição;
- Plano de escavação e contenção periférica;
- Projeto de implantação e piquetagem da obra;
- Plano definitivo de trabalhos;
- Plano de pagamentos e cronograma financeiro da obra;
- Diagramas de cargas de mão-de-obra por especialidades;
- Cronograma de mão-de-obra total;
- Curva de progresso físico da obra;
- Plano de utilização de equipamentos de estaleiro afetos à obra;
- Sistema de gestão ambiental;
- Sistema de gestão da qualidade;
- Sistema de gestão da segurança e saúde no trabalho;

- Procedimentos de execução dos trabalhos;
- Sistema de controlo de subcontratados;
- Sistema de controlo de custos;
- Sistema de controlo de tempos de execução;
- Reorçamento da obra;
- Elaboração do planeamento da execução dos trabalhos nas suas diversas frentes, previsão de recursos;
- Revisão das medições de projeto.

A preparação da obra, na sua forma tradicional, ainda em uso pela maioria das empresas construtoras inicia-se numa fase bastante prematura no ciclo de vida de um empreendimento. Muitos são os casos em que se inicia com o próprio projeto. Sendo empreitadas de conceção-construção, a equipa de preparação de obra inicia o seu trabalho apoiando a equipa de projeto na adoção das soluções construtivas mais adequadas às tecnologias construtivas dominadas pela empresa construtora. Noutras formas de adjudicação de obras, em que a obra é posta a concurso após a elaboração dos projetos, a preparação de obra inicia-se na fase de elaboração da proposta, onde são planeados os trabalhos, estimados os recursos necessários, preconizadas as metodologias de execução, planeado o estaleiro e as construções provisórias a afetar e elaborada a pormenorização de eventuais alternativas ou variantes ao projeto, bem como a elaboração do orçamento para execução da obra.

Na fase de execução da obra, o processo de preparação de obra é definido como a adaptação do projeto à obra, decompondo-o nos seguintes aspetos (Cardoso, 2007):

- Eliminação de dúvidas, erros e omissões;
- Análise das peças escritas e desenhadas para a definição das fases e métodos de execução;

- Elaboração de desenhos distintos de fabrico e colocação, pormenores de execução, de modo legível e adequado aos conhecimentos de quem vai executar os diferentes trabalhos;
- Medição e retificação das quantidades de trabalho a executar em cada tarefa;
- Elaboração das notas explicativas dos aspetos particulares, pouco usuais ou desconhecidos.

#### **1.4.2. Gestão da informação**

Para além das atividades descritas, uma das ações fundamentais da preparação da obra, é a gestão da informação relativa ao projeto. É de importância extrema a garantia de que os intervenientes na execução dos trabalhos possuam a informação atualizada, em todos os instantes da execução. É frequente a ocorrência de sucessivas alterações aos projetos no decorrer da execução dos trabalhos. Em obras complexas e de envergadura significativa, uma ineficaz gestão da informação do projeto impõe desperdício de recursos, quebra de ritmos de produção e a perda de confiança dos responsáveis pela execução dos trabalhos, com o conseqüente acréscimo dos custos de produção.

De uma forma resumida a preparação da obra deve garantir a existência da informação correta e estritamente necessária à completa caracterização dos trabalhos, no momento em que se inicia a sua execução, para além de garantir as quantidades de recursos necessários nesse mesmo momento. As atividades de elaboração de desenhos de preparação, quantificação de materiais, planeamento e gestão da informação de projeto devem por isso estar devidamente coordenadas como evidenciado na figura 1.



### 1.4.3. Preparação e Planeamento

Uma preparação cronológica do trabalho, bem estudada, constitui um processo de aumentar a produtividade, na medida em que contribui para dar uma aplicação aos meios da empresa e assegurar a continuidade de emprego de pessoal (Reis, 2009).

Este autor associa a preparação de obra ao planeamento da obra. De facto as duas atividades são indissociáveis e complementares no âmbito da execução da obra. Está no entanto a preparação de obra longe de se limitar a planear a execução. Para além de sequenciar as tarefas, este trabalho define o seu modo de execução, os materiais e outros recursos a incorporar, antevê o seu custo, estabelece os seus objetivos e suporta a execução das tarefas subsequentes.

Respeitando a preparação cronológica dos trabalhos, a entrega dos elementos para execução deve efetivar-se no momento o mais próximo possível do início da execução. A finalização dos elementos com demasiada antecedência pode torná-los obsoletos antes de serem necessários na obra (Figura 1).

É frequente haver necessidade de introduzir alterações nos elementos de preparação devido a duas razões principais:

- Introdução de alterações de projeto que surgem no último momento;
- Alteração das condições ou sequência da execução em obra por imposição de fatores condicionantes.



Figura 1 - Atividades de preparação de obra

## 1.5. Âmbito e objetivos

### 1.5.1. Âmbito

O âmbito deste trabalho – Relatório de estágio inserido na unidade curricular DIPRE do Mestrado de Engenharia Civil – Gestão da Construção, refere-se à aplicação da metodologia BIM a uma das fases do ciclo de vida de um projeto, a execução da obra, no que respeita à sua preparação, controlo e gestão. A Mota-Engil Engenharia, mais concretamente o Departamento de Inovação, está neste período em que decorre o estágio a implementar o seu modelo BIM, na empreitada de construção promovida pela UPTEC – Associação de Transferência de Tecnologia da Asprela, designada como “Edifício Central”. O Edifício é constituído por duas alas, sul (2A) e ponte (2B), desenvolvendo-se segundo uma implantação ortogonal em L.

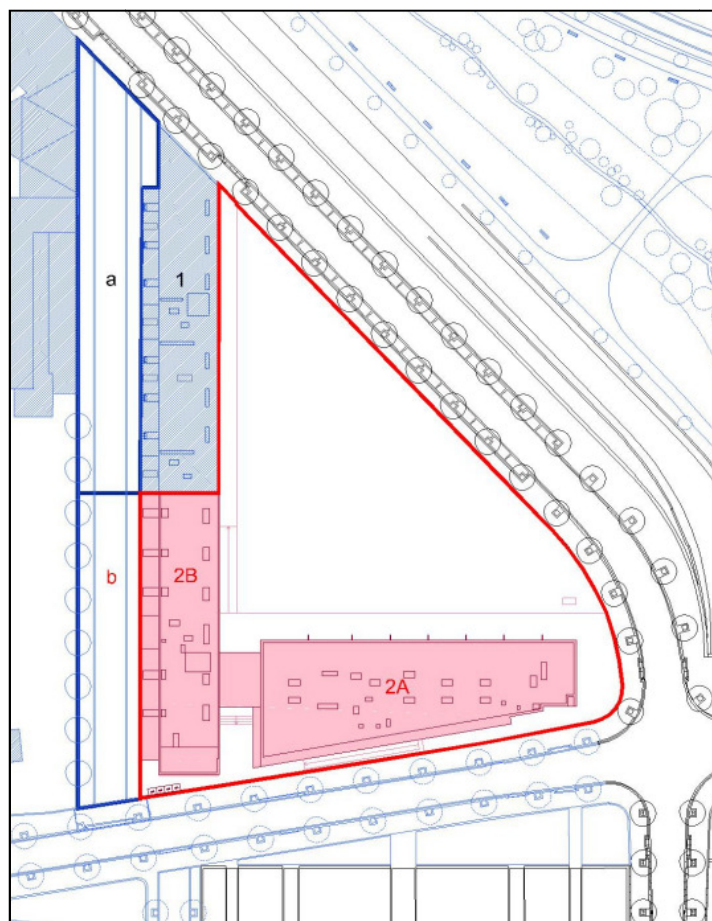


Figura 2 - Planta de localização do edifício

As duas alas são interligadas por “plataformas” envidraçadas em cada nível do edifício acima da cota do arruamento. O piso superior do edifício destina-se à instalação de empresas de forte componente tecnológica.

O edifício no seu conjunto é constituído por dois pisos enterrados e quatro pisos acima da cota do arruamento. A cobertura em terraço destina-se parcialmente à instalação de equipamentos de climatização entre outros. Este edifício será a continuidade do edifício existente, o Centro de Incubação de Base Tecnológica no que respeita à volumetria e acabamentos exteriores, sendo as duas caves essencialmente destinadas a parque automóvel, incluindo algumas áreas técnicas na primeira cave.

Tendo em conta a natureza diversa das funcionalidades a instalar com o decorrer do tempo, com exigências técnicas e espaciais específicas, os espaços dos pisos estão modulados de forma a permitir várias formas de associação e compartimentação de áreas. Na sua constituição estão integradas diversas prumadas de ductos técnicos com dimensões generosas, acessíveis, preparadas para as diversas e exigentes instalações futuras.

Na sua totalidade a construção alvo do presente trabalho representa uma área de 6.300 m<sup>2</sup> de pisos enterrados destinados a estacionamento e 8.500 m<sup>2</sup> de áreas destinadas à instalação de empresas de base tecnológica.

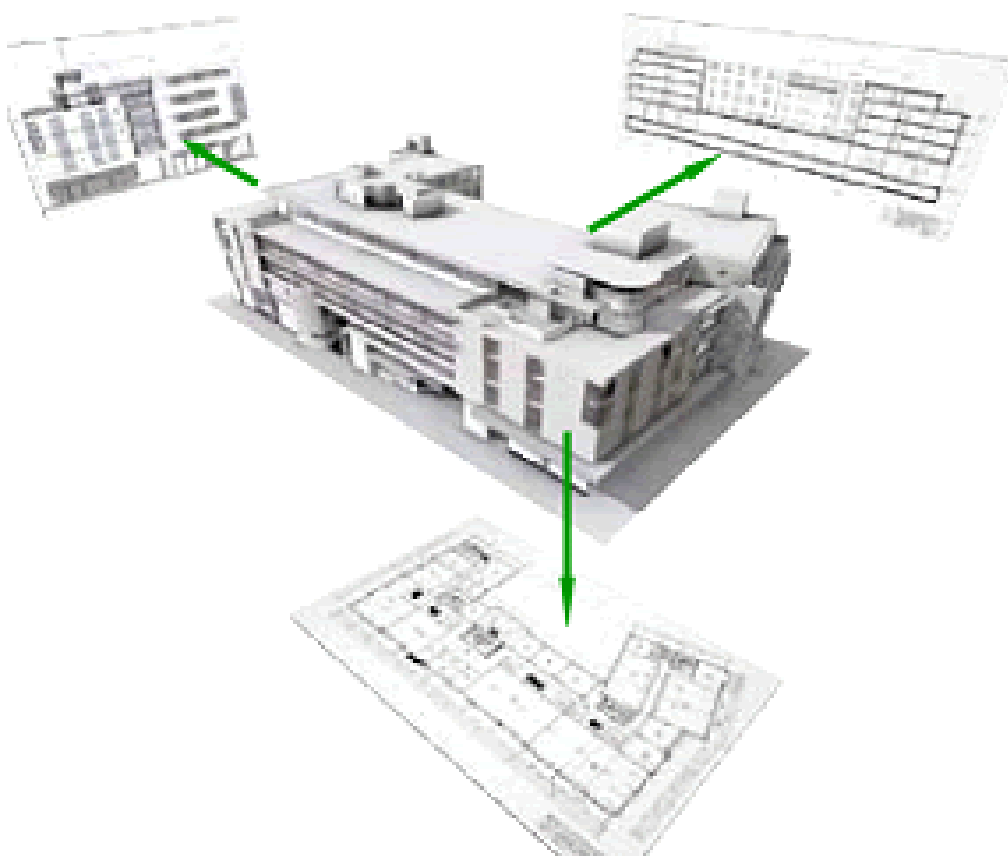
Do ponto de vista estrutural o edifício é constituído por lajes maciças de betão armado, do tipo fungiforme, apoiadas em pilares e paredes resistentes. Como elementos verticais de suporte existem paredes de betão e pilares de secção circular e retangular. Junto às fachadas existem vigas com vista a diminuir as deformações nessas zonas. Parte das paredes resistentes do edifício serão em betão branco aparente, assim como algumas vigas ou bordos de laje. Parte significativa das fachadas é revestida com painéis pré-moldados em betão branco, que serão fixados às paredes de betão do seu tardoz.

### 1.5.2. Objetivos

Nesse âmbito o estágio terá como objetivo principal a identificação de eventuais alterações ao modelo, que possibilitem uma melhor adaptação às necessidades reais de informação para a execução da obra no terreno. A identificação das necessidades típicas de preparação de uma obra deste tipo será por isso uma das fases inerentes a este estágio.

Numa primeira fase será feita uma revisão bibliográfica com vista a aferir o estado do conhecimento no que respeita à implementação da tecnologia BIM, no âmbito nacional e internacional, procurando constatar o nível de utilização da tecnologia e a efetiva amplitude de utilização das suas potencialidades.

Por forma a comparar as necessidades típicas de desenhos de preparação de obra no âmbito das diversas especialidades com os elementos extraíveis do modelo BIM, será compilado o conjunto de desenhos que tipicamente suportam a execução de um edifício.



**Figura 3 - Extração de peças desenhadas 2D a partir do modelo BIM [Fonte:(Hermogenes, 2007)]**

O controlo e gestão de obra suportada na metodologia BIM serão abordados sucintamente no decorrer deste trabalho, unicamente como forma de evidenciar as potencialidades inerentes ao BIM nessa área. Pretende-se também focar a forma como toda a informação contida no modelo BIM pode ser articulada e extraída de forma útil e coordenada com as necessidades da gestão corrente da obra.

Numa fase mais adiantada de elaboração do modelo BIM, e para cada fase de execução da obra (betão armado, alvenarias, acabamentos e instalações especiais) será testada a extração das peças desenhadas de preparação de obra identificadas anteriormente, utilizadas na preparação de obra da forma tradicional. No decurso da extração dos desenhos serão identificadas eventuais melhorias ou simples alterações nas técnicas de modelação a integrar futuramente o conjunto de boas práticas (BP) para conceção dos modelos BIM da Mota-Engil Engenharia.

## Capítulo 2 – Estado do Conhecimento



## Capítulo 2. Estado do Conhecimento

### 2.1. Definições e Conceitos

#### 2.1.1. BIM (*Building Information Model*)

Um modelo BIM é acima de tudo uma base de dados relativa às fases da vida de um edifício, desde o surgimento da ideia de o promover até à sua extinção. O BIM congrega a informação relativa a um determinado edifício, incorporando sob a forma digital características físicas e funcionais de modo semelhante à forma como se integram e interagem na construção real. Para além da modelação tridimensional paramétrica podem ainda ser associadas ao modelo BIM as dimensões 4D e 5D, relativas ao tempo e aos custos. A tecnologia não se encerra no modelo e nos objetos que o constituem relacionados parametricamente, é também integrada por aplicações periféricas interoperáveis que têm como objetivo a extração e o tratamento da informação a cada instante, para utilização com os mais diversos objetivos.



Figura 4 - O BIM no ciclo de vida do edifício [Fonte: (BIM'nCAD, 2012)]



#### **2.1.1.1. Nível de detalhe (LOD)**

Um dos mais importantes conceitos da tecnologia BIM é o nível de detalhe (*Level Of Detail*). A informação passível de ser obtida a partir do modelo 3D para posterior utilização, depende do nível de detalhe com que este foi concebido.

Antes de iniciar a modelação, é necessário definir, com clareza, a finalidade e os resultados a alcançar com a elaboração do edifício virtual.

O nível de detalhe de um modelo BIM, deve corresponder às necessidades do modelador, do engenheiro de projeto, da equipa de gestão da obra, do promotor, do arquiteto, dos responsáveis pela gestão do edifício, dos fornecedores e dos demais parceiros relacionados com o empreendimento.

O LOD identifica qual a quantidade de informação que será obtida relativamente a um objeto do modelo, num dado momento. Esta quantidade de informação dos objetos de modelação cresce normalmente à medida que o projeto se aproxima da sua efetiva concretização.

De uma forma crescente, em termos de quantidade e detalhe da informação, os diversos tipos de modelo de um edifício poderão genericamente organizar-se pela seguinte ordem:

1. Modelo de promoção do empreendimento
2. Modelo de projeto de licenciamento
3. Modelo de projeto de execução
4. Modelo de construção
5. Modelo de gestão do edifício

Quadro 1 - Level Of Detail - Níveis Genéricos [traduzido de (Van, 2008)]

Ilustração	Descrição
	<p><b>LOD 100</b> - Essencialmente, é o equivalente ao projeto conceitual, o modelo consiste na volumetria geral do edifício. A este nível os utilizadores estão autorizados a conceber diversos tipos de edifícios completos para análise em termos de volume, orientação, estimativa de custo por metro quadrado, etc.</p>
	<p><b>LOD 200</b> - Semelhante ao desenho esquemático ou de desenvolvimento, o modelo consiste em sistemas generalizados ou conjuntos com quantidades aproximadas, tamanho, forma, localização e orientação. Pode inclusive ser usado para análise das soluções preconizadas pela aplicação de critérios gerais de desempenho.</p>
	<p><b>LOD 300</b> - Os elementos do modelo são adequados à extração de documentos inerentes ao processo de um projeto tradicional e desenhos de execução e consulta ao mercado. Pode também ser usado para análise detalhada dos sistemas e elementos previstos.</p>
	<p><b>LOD 400</b> - Este nível de detalhe é considerado como apropriado para o fabrico e para a montagem. O MEA mais provável para este LOD será o empreiteiro ou o fornecedor de módulos pré-fabricados. Normalmente este nível de detalhe está fora do âmbito da equipa de projeto, que a acontecer constituiria uma exposição ao risco excessiva no que respeita à distinção entre áreas distintas de intervenção de responsabilidades.</p>
	<p><b>LOD 500</b> - O nível final de desenvolvimento representa o projeto como ele foi construído – em condições <i>as-built</i>. O modelo é com este nível de detalhe é adequado para operações de gestão e manutenção das instalações.</p>

Segundo Bedrick (2008), os níveis de detalhe das várias fases de concepção do modelo, a integrar o *model progress specification*, conceito a seguir definido, também podem ser estabelecidos da seguinte forma:

- LOD 100 – Modelo conceptual
- LOD 200 – Modelo de geometria aproximada
- LOD 300 – Modelo de geometria mais precisa
- LOD 400 – Modelo de fabrico
- LOD 500 – Modelo *as-built*

Estas definições encontram-se mais desenvolvidas no contexto da utilização do modelo. O estado atual da definição LOD está identificado no quadro 2.

#### **2.1.1.2. Model Progress Specification - MPS**

Uma questão nuclear na concepção e desenvolvimento de um modelo BIM é o processo de incrementar progressivamente o nível de detalhe nas sucessivas fases do empreendimento. O documento que define em cada estágio do desenvolvimento do modelo, as especificações correspondentes ao nível de detalhe desejado chama-se *model progress specification* – MPS.

Para atender a esta necessidade no desenvolvimento do modelo, a *Vico Software* começou a trabalhar em 2004 num MPS. Os representantes dos construtores norte-americanos em equipa com a Vico desenvolveram mais profundamente o modelo de especificações e submeteram-no à apreciação da organização Californiana representativa dos arquitetos, *AIA Califórnia Council* para o desenvolvimento do IPD. Nessa altura foram reunidos os pontos de vista dos arquitetos, empreiteiros, engenheiros, subempreiteiros, fornecedores, promotores e representantes dos *softwares*, sobre a aplicabilidade do MPS. O documento

final foi adotado pela AIA como a norma E202, que formaliza o processo de desenvolvimento e uso do BIM num projeto específico.

Este documento ajuda a equipa de gestão a definir os objetivos a alcançar com o desenvolvimento do modelo, o nível de detalhe para os diferentes elementos do BIM tendo em conta os objetivos de cada fase, e quem desenvolverá os elementos específicos do BIM nos diversos níveis de detalhe.

Enquanto o MPS é fundamental em qualquer projeto BIM, a profundidade com que é obtida a colaboração em IPD, cria uma abordagem sistemática que é de extrema importância.

Tendo em conta esta abordagem o MPS foi desenvolvido para atender a dois princípios do IPD(Bedrick, 2008):

1. Os requisitos dos *outputs* em cada fase, ou em cada etapa do desenvolvimento do modelo sejam sucintamente definidos, para que a equipa entenda em que nível de detalhe cada colaborador deve trabalhar, e que decisões devem ser concretizadas.
2. A ideia de atribuir tarefas ao modelador com melhor perfil para o nível de detalhe e *outputs* pretendidos, ainda que essa tarefa se situe fora da sua atividade habitual. Este procedimento melhora o desempenho global do modelo sob a forma, quantidade, qualidade e fiabilidade da informação passível de ser obtida a partir das formas modeladas.

No quadro 2 é apresentado o MPS baseado na norma E202, onde estão especificados os níveis de detalhe genéricos exigidos para cada fase do projeto, que permitirão refletir no modelo o esquema de dados que possibilita a obtenção da informação necessária em cada estágio do desenvolvimento do empreendimento. No quadro 3 são apresentados dois

exemplos de objetos com as especificações que são exigidas à sua representação, em cada nível de detalhe definido no MPS.

**Quadro 2 - Model Progress Specification [Fonte: (Bedrick, 2008)]**

Nível de Detalhe>	100	200	300	400	500
<b>Conteúdo do modelo</b>					
Conceção e coordenação (função/forma/comportamento)	Dados não-geométricos ou linhas de trabalho, áreas e volumes, etc.	Elementos genéricos representados em três dimensões -Tamanho máximo -Propósito	Elementos específicos confirmando a geometria do objeto 3D -Dimensões -Capacidades -Conexões	Desenho da loja/fabrico -Compra -Fabrico -Instalação -Especificações	As-Built  -atual
<b>Usos autorizados</b>					
Planeamento 4D	Duração total de construção de projeto Faseamento dos principais elementos.	A maioria das atividades principais ordenadas na escala temporal.	As execuções e montagens detalhadas e ordenadas na escala temporal.	Detalhes de montagem e fabrico, incluindo meios e métodos a utilizar.	
Estimativa de custos	Estimativa na fase de conceção. Exemplo: €/m <sup>2</sup> de área útil, €/ cama disponível, €/lugar estacionam.	Custo estimado com base na medição dos elementos genéricos. Exemplo: parede interior genérica.	Custo estimado com base na medição do tipo de trabalho específico. Exemplo: tipo de parede específico.	Estimativa baseada em consultas ao mercado dos preços de compra dos produtos e trabalhos específicos.	Custos registados.
Cumprimento do programa	Áreas brutas por tipo de utilização.	Requisitos específicos da compartimentação.	FF&E, tratamento de dados, utilidade das conexões.		
Materiais sustentáveis	Estratégias LEED.	Quantidades aproximadas de materiais por categorias LEED.	Quantidades precisas de materiais com percentagem de reciclados e comprados localmente.	Seleção específica do fabricante.	Documentação de compra.

**Quadro 2 - Model Progress Specification [Traduzido de Bedrick (2008)] (continuação)**

Nível de Detalhe>	100	200	300	400	500
<b>Usos autorizados</b>					
Ambiental: iluminação, energia, utilização, análise/simulação da renovação do ar	Estratégia e critérios de desempenho baseados em volumes e áreas.	Projeto baseado em sistemas e geometria assumidos.	Simulação aproximada baseada em sistemas de engenharia e componentes específicos.	Simulação precisa com base no fabricante específico e nos componentes de sistema detalhados.	Registro do desempenho medido.

No quadro seguinte são apresentados dois exemplos de objetos com as especificações que são exigidas à sua representação, em cada nível de detalhe definido no MPS.

**Quadro 3 - Level of Detail do model progress Specification - Exemplos [Fonte: (Bedrick, 2008)]**

Nível de detalhe>	100	200	300	400	500
<b>Elemento</b>					
Parede interior	Não modelado. Custo e outras informações podem ser incluídos como um valor por m <sup>2</sup> de área.	Uma parede interior genérica, modelada com uma espessura nominal assumida. O custo pode ser estabelecido com um valor dentro de um intervalo assumido.		Detalhes de fabrico são modelados quando necessário.	É modelada a parede realmente executada.
Ductos	Não modelado. Custo e outras informações podem ser incluídos como um valor por m <sup>2</sup> de área.	Ducto modelado com as dimensões aproximadas.	Ducto modelado com dimensões precisas de projeto da especialidade.	Ducto modelado com dimensões de precisas e com detalhes de fabrico.	Representação dimensional do ducto efetivamente instalado.

Atualmente existem já MPS com definições mais extensas do LOD, e enquadradas nos resultados de diversos casos práticos. No caso da Mota-Engil - Engenharia está

definido o LOD padrão adaptado à sua atividade e aos resultados dos modelos entretanto desenvolvidos desde o início da implementação da tecnologia BIM. A matriz relativa aos níveis de detalhe adotados pela empresa pode ser consultada em BIMforumPortugal (2012) e será integrada como anexo a este relatório (Anexo 1).

#### **2.1.1.3. Principais requisitos para implementação da metodologia BIM**

Segundo o BIM Handbook 2011 (Eastman *et al*, 2011), a substituição de uma cultura empresarial baseada num ambiente CAD 2D ou 3D, para a tecnologia BIM, envolve muito mais do que a simples aquisição de *software*, treino e atualização de *hardware*.

O uso efetivo do BIM exige mudanças em todos os aspetos da atividade de uma empresa. Não passa apenas por fazer a mesma coisa mas de uma forma diferente. Exige alguma compreensão da tecnologia BIM e dos processos relacionados e um plano para a sua implementação, antes da mesma se efetivar.

As especificações concretas de alterações a implementar dependem da atividade da empresa em causa, no entanto há aspetos e etapas gerais que se podem considerar transversais aos diversos setores de atividade da indústria AEC, e que são os seguintes:

- Atribuir a responsabilidade de gestão do desenvolvimento do plano de adoção do BIM a um nível superior da organização, que cubra todas as áreas de negócio da empresa, bem como de que modo as mudanças afetarão os diversos departamentos internos e externos, parceiros e clientes.
- Criar uma equipa interna com os principais gestores responsáveis pela implementação do plano, para gestão do planeamento e orçamento de modo a controlar o seu desempenho.

- Iniciar a utilização do BIM num ou dois projetos pequenos, em paralelo com a tecnologia existente, e procurando produzir os documentos tradicionais a partir do modelo do edifício. Desta forma será revelado onde há deficiências nos objetos de modelação, nas capacidades de output e nas ligações com os programas de análise, entre outros. Também permitirá à empresa determinar a modelação padrão que mais se ajusta à sua atividade, assim como o nível de detalhe necessário para as diferentes utilizações do modelo. Este processo proporcionará igualmente oportunidades de aprendizagem para a equipa que lidera o processo de implementação.
  - Usar os resultados iniciais como formação e guia contínuo na adoção do *software* BIM. Manter a gestão de topo informada do progresso, dos problemas e de novas oportunidades que surjam durante o processo.
  - Alargar o uso do BIM a novos projetos e começar a trabalhar com membros não pertencentes à equipa de implementação, promovendo a colaboração sob uma nova perspetiva mais diretamente ligada às construções em curso, permitindo uma integração mais rápida e a partilha de conhecimento baseada no modelo.
  - Continuar a integrar as capacidades da tecnologia BIM, em aspetos adicionais das atividades da empresa, e refletir esses novos processos no relacionamento com clientes e parceiros de negócio.
  - Rever periodicamente o processo de implementação, fazendo-o refletir as boas práticas e os problemas observados até então, e demarcar novas metas para a performance, para o tempo de implementação e o respetivo orçamento.
- Continuar a alargar a introdução das mudanças relativas ao BIM, a novos departamentos e funções da empresa.



#### **2.1.1.4. Modelos de dados e modelos de informação**

O BIM é uma aplicação de um modelo de dados na definição de uma estrutura para um sistema de informação ou modelo de informação. Em termos conceituais, um modelo de informação pode ser visto como um conjunto de representações formais de tipos de entidades que incluem propriedades, relações, constrangimentos, regras e funções, para a definição semântica de dados, podendo corresponder a objetos reais ou abstrações(Sousa *et al*, 2011).

#### **2.1.1.5. Modelação orientada por objetos**

A atual geração de ferramentas BIM, desenvolvida pela maioria dos fornecedores de *software*, baseia-se na modelação orientada por objetos suportada por relações paramétricas. Enquanto no CAD 3D tradicional todos os aspetos da geometria de um elemento são editados pelos utilizadores, a forma e assemblagem geométrica num modelo paramétrico são automaticamente ajustadas para se adaptarem às indicações base do utilizador. Neste sentido o objeto edita-se a si próprio, baseado nas regras usadas para o definir. Uma parede, por exemplo, tem propriedades que podem ser editadas pelo modelador, ao contrário de ser representada apenas por duas linhas paralelas como acontece no desenho 2D. Podem ser-lhe atribuídas propriedades de espessura, altura e comprimento, acabamento superficial, camadas que a compõem, especificações dos materiais constituintes e a forma como se ligam aos objetos da sua vizinhança.

Existe uma distinção entre esses objetos que interagem com outros objetos, tais como paredes, vigas, lajes, pilares, que têm comportamento complexo que são os núcleo de uma ferramenta de projeto BIM e outros objetos que não precisam de ter comportamentos paramétricos, tais como louças sanitárias, portas e janelas que têm dimensões e características fixas, assim como outros objetos que não variam de acordo com

o contexto onde se inserem. Esta segunda classe, às vezes chamada de modelos de objetos de construção, são mais facilmente criados e disponibilizados em bibliotecas externas porque eles não dependem fortemente dos parâmetros dinâmicos de outros objetos. Esta segunda classe é amplamente disponível em *websites* de objetos de construção (Eastman *et al*, 2011).

#### **2.1.1.6. Abstrações nos BIM**

As abstrações num modelo BIM, lidam com a especificidade e integralidade da representação de um objeto. É um conceito importante dentro dos vários conceitos de modelação, uma vez que interfere diretamente com o nível de definição pretendido para cada objeto. As abstrações podem ser de alto ou de baixo nível. Adotando como exemplo o objeto “porta”, uma abstração de baixo nível considera-se quando poucas das suas características são dispensadas, ou seja, será um objeto com um elevado grau de definição. Ao contrário, uma abstração de alto nível define uma porta de forma genérica, incluindo apenas características elementares (GeorgiaTech, 2012).

A estrutura de uma hierarquia de abstrações pode ser de vários tipos (Sousa *et al*, 2011):

- Especialização: Definição da hierarquia inferior de um elemento. Por exemplo, em relação a uma viga, associar os elementos betão e aço.
- Agregação: Agrupamento dos parâmetros definidores de um elemento. Por exemplo, em relação a uma parede, definir a cor, o tipo de material e o tipo de acabamento.
- Composição: Define um agrupamento de tipos de elemento. Por exemplo, agrupar vários tipos de espaços – espaço de circulação, espaço de utilização, espaço de armazém.

### **2.1.2. Interoperabilidade**

No caso da tecnologia BIM a interoperabilidade define-se como a capacidade de diferentes sistemas ou programas informáticos trocarem informação entre si, e de a reutilizar para diferentes objetivos. Este conceito é a base do sucesso de implementação dos BIM.

Dada a variedade de aplicações de base e periféricas que concebem e interagem com os modelos BIM 3D, 4D e 5D, a inexistência desta capacidade limitaria irremediavelmente o contributo e as vantagens da utilização dos BIM na indústria AEC global.

### **2.1.3. Relações paramétricas**

Os projetos BIM são elaborados com uma modelação orientada por objetos. A forma como esses objetos se relacionam, interagem e interligam são definidas por um conjunto de parâmetros próprios que lhes são comuns, coordenáveis e conciliáveis. A forma como estes objetos são agregados no modelo BIM, rege-se pelas relações paramétricas inerentes às propriedades que são definidas para cada objeto.

Conceitualmente, as ferramentas BIM são diferentes de outros sistemas de modelação paramétricos. Eles são diferentes porque possuem o seu próprio conjunto de predefinições de classes de objetos, cada um tendo diferentes comportamentos possíveis programados no seu interior. Uma lista bastante completa das famílias de objetos pré-definidos fornecidos pelos principais ferramentas BIM para o projeto de arquitetura é dada no quadro 4. Estes conjuntos de famílias de objetos predefinidos são aqueles que podem ser facilmente aplicados para a construção de modelos, em cada sistema. Além das famílias de objetos fornecidas pelas marcas de *software*, existem *websites* que disponibilizam famílias de objetos adicionais disponíveis para download e utilização. Estes são o equivalente moderno de bibliotecas de blocos de desenho que estavam disponíveis para desenho em sistemas 2D.

No entanto estes, são muito mais uteis e poderosos. Incluem, por exemplo, canalizações, mobiliário, equipamento elétrico e de climatização. Encontram-se disponíveis tanto como objetos genéricos como modelos de produtos específicos (Eastman *et al*, 2011).

**Quadro 4 – Famílias de objetos base da maioria das aplicações BIM [Fonte: (Eastman *et al*, 2011)]**

Ferramenta de Desenho BIM	ArchiCAD v14	Bentley Architecture v8.i	Revit Architecture v2011	Vectorworks 2010	Digital Project V1, R4, SP 7
Objetos Base					
Modelo do local	Ferramenta de Malha, Objetos do local	Modelo de Contorno	Superfície do terreno e Objetos do local	No programa específico- <i>Landmark</i>	Modelo de Superfície
Definição do Espaço	■ (manual)	■ (manual)	■ (automático)	■ (manual)	■ (automático)
Parede	■	■	■	■	■
Pilar	■	■	■	■	■
Telhado	■	■	■	■	
Escadas	■	■	■	■	■
Laje	■	■	■	■	■
Zona	Zona	Zona	Área	Área	
Viga	■	■	■	■	■
Objetos Únicos	Betão <i>in-situ</i> ,	Paredes de Cortina,	Área,	Janela Parede,	Canalização,
Para Cada	Betão Pré-	Treliça,	Componente,	Equipamentos de	Equipamentos de
Plataforma	moldado, Aço,	Canalização,	Sistema de	elevação, Armários	elevação,
	Alvenaria,	Acessórios de WC,	Cortina de Teto,	de Cozinha,	Corrimões,
	Térmica e	Corrimãos,	Cortina em	Corrimão,	Abertura,
	Humidade,	Prateleiras	Grelha, Treliça,	Elevador, Escada	Equipamentos para
	Mobiliário,		Objetos de	Rolante, Grade,	abertura de
	Equipamentos,		fundações de	Acessórios para	atravessamento
	Sistemas de		Sistemas de	Tubos, Acessórios	específicas
	Transporte,		Vigas, Rampa,	para Canalização,	
	Canalização,		Corrimão	Equipamentos	
	Elétrica,			Mecânicos	
	AVAC, Local				

Cada aplicação de modelação tridimensional possui objetos pré-definidos para conceção do modelo, consoante as áreas de aplicabilidade do respetivo programa - modelação de arquitetura, estruturas de betão armado ou outra especialidade específica. No quadro seguinte são apresentados objetos base de algumas aplicações de modelação e as funcionalidades que os mesmos permitem no tratamento posterior da informação.

**Quadro 5 - Objetos de modelação pré-definidos em ferramentas de modelação BIM [Fonte: (Eastman *et al*, 2011)]**

Ferramentas					
Detalhadas do BIM		Design Data	Revit MEP v9.1	AutoCAD MEP	Bentley Mechanical
Objetos Base	Tekla v16.1	SDS/2	(Objects)	(Objects & Blocks)	and Electrical v8.i
<b>Objetos Base</b>	Viga	Grelhas	Terminais aéreos	Conjunto de cabos	<b>Mecânica:</b>
	Poliviga	Membro	Dispositivos de comunicação	Instalação de cabos	Dutos
	Contorno	Material	Caminhos de cabos	Conduta	Tubos
	Armadura	Conexão	Conectores	Encaixe de	Conectores
	Soldas	Parafusos	Conduta	canalização	Válvulas
	Cargas	Buracos	Acessórios de ductos	Dispositivo	Grelhas e difusores
	Parafusos	Soldas	Dispositivos e equipamentos	Canal	Amortecedores
	Matriz Parafuso	Cargas	elétricos	Adaptação	Filtros
	Circulo Parafuso	Momentos	Alarme de incêndio	personalizada do	Silenciadores
	Lista Parafuso		Ducto flexível	ducto	<b>Elétrica:</b>
	Reforçando		Tubos flexíveis	Ducto flexível	Conjuntos de cabos
	Vergalhões Fio		Zonas de climatização	Cabide	Distribuição de
	Vergalhões Único		Dispositivos de iluminação	Painel	energia
	Vergalhões Grupo		Equipamentos mecânicos	Tubo	Iluminação
	Tipo de Tarefa		Dispositivos de chamada	Tubo de encaixe	Telecomunicações
			Acessórios de tubulação	personalizado	Tecnologias de
			Tubo de conectores	Encaixe de tubulação	informação
			Canalizações	Linha de canalização	Segurança
			Espaço	Linha esquemática	Vídeo, intrusão
<b>Funcionalidades no tratamento da informação</b>	Deteção de conflitos	Projeto de conexão	Horários sincronizados	Horários sincronizados	Troca de dados com programas
	Simulação 4D	automática	dimensionamento/pressã	Interfaces de	de análise de
	Trabalho de coordenação de pacotes	Quantidade descolagens	o da tubulação HVAC e design do sistema elétrico	fabrico	energia, térmica,
	Quantidade de extrações	Suporta	Canalização e modelação de cabos	Dimensionamento automático de condutas com base na procura de espaço	Trace 700, Carrier HAP, Studio Green Building, etc
	Suporta fabrico automatizado	automatizad	(gbXML) interface para uso com o programa		Alimentador e ramo do circuito
	Interfaces para várias ferramentas de análise estrutural	Interfaces para várias ferramentas de análise estrutural	Autodesk Ecotect Analysis	Gestor de circuito elétrico	Circuito e rotulagem
			Análise Autodesk Green Building Studio Web-based e IES	Verificação de interferência	automatizados
				Dimensionamento e número dos radiadores	Verificações on-line de projeto para carga do circuito,
				Dimensionamento da canalização	comprimento e número de dispositivos
					Arranjo de fixação automatizado
					Links
					bidirecionais para programas de análise de

#### 2.1.4. IFC (*Industry Foundation Classes*)

A plataforma web *buildingSMART*<sup>2</sup> tem desenvolvido um esquema de base de dados, comum, que torna possível a troca de informação entre diferentes aplicações de *software* BIM sem perdas de conteúdo relevantes. O esquema de base de dados compreende informação que abrange as diversas áreas que interagem com um edifício em todo o seu ciclo de vida, desde a promoção, passando pela conceção, construção, exploração, manutenção e terminando na sua demolição e eventual reutilização.

O IFC é o principal modelo de base de dados padrão da *buildingSMART*. O formato IFC é registado como norma ISO designada por ISO/PAS 16739 e está em processo de se tornar oficialmente uma Norma Standard Internacional ISO/IS 16739.

*Open* é a chave para o verdadeiro valor do padrão standard da *buildingSMART*. A base IFC pode ser usada para troca de dados e partes BIM entre aplicações desenvolvidas por diferentes marcas de *software* sem que os programas tenham que suportar vários formatos nativos. Como um formato aberto que é e pretende ser, a base IFC não está inerente a um único fornecedor de *software*, mas é sim uma plataforma comum de comunicação entre os diversos programas que interagem na modelação e desenvolvimento de uma modelo BIM.

Cada implementação de uma troca IFC deve seguir o que é conhecido como uma "exigência de troca". Esta exigência especifica a informação que precisa estar presente numa troca ou partilha de dados numa determinada fase do projeto. É importante ser específico sobre as informações necessárias. A exigência de troca não pactua com lacunas e incertezas.

---

<sup>2</sup> BuildingSMART é uma plataforma de internet difundida a nível mundial, já implantada em inúmeros países. Afirma-se como uma organização internacional neutra e não lucrativa que suporta o conceito openBIM, ou seja disponibiliza conteúdos padrão interoperáveis entre diversas aplicações e periféricos da tecnologia BIM, em todo o seu ciclo de vida [buildingSMART.com].

---

Os modeladores e usuários dos diversos *softwares* BIM podem ter a certeza que o programa que usam é compatível com o padrão aberto IFC e verdadeiramente interoperável.

Na plataforma *buildingSMART* correm um esquema de certificação que testa diversos produtos de *software* para verificar se eles são compatíveis com o padrão IFC e clarifica o âmbito da sua interoperabilidade. O esquema foi renovado em 2010, para torná-lo mais rigoroso e indica precisamente que partes do trabalho produzido são interoperáveis. (BuildingSMART, 2012)

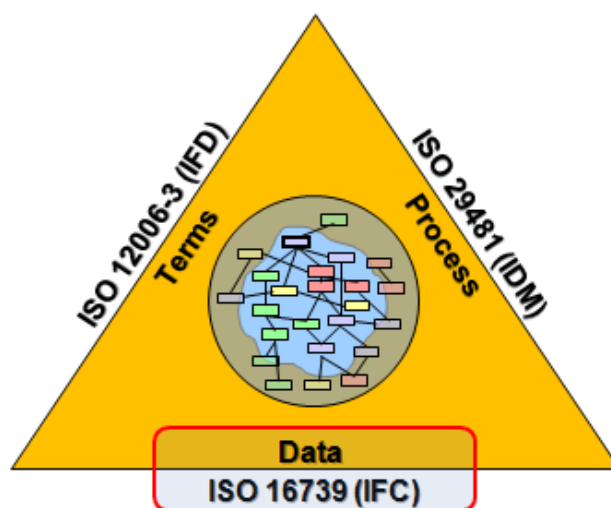


Figura 5 - Plataforma IFC [Fonte:(BuildingSMART, 2012)]

#### 2.1.4.1. *Industry Foundation Classes 2x4 (IFC4) RC3*

A título de exemplo será abordada sucintamente uma das versões IFC, o IFC 2x4 versão 3.

O IFC do setor da construção representa uma especificação aberta para os dados dos BIM que são trocados e compartilhados entre os diversos participantes na cadeia da construção de um edifício ou na gestão das instalações. As IFC são o padrão *openBIM* internacional. A especificação consiste num esquema de dados, representado como um esquema de

especificações expressas, e dados de referência, representado como definições XML, de propriedade e quantidade. Uma aplicação compatível de *software* é necessária para suportar um subconjunto bem definido do esquema de dados e os dados referenciados. O subconjunto é referido como uma *model view definitions*. Uma particular *model view definition* é definida para apoiar um ou muitos fluxos de trabalho reconhecidos na indústria AEC. Cada fluxo de trabalho identifica necessidades de troca de dados que estão a ser suportados pelas aplicações de *software* compatíveis.

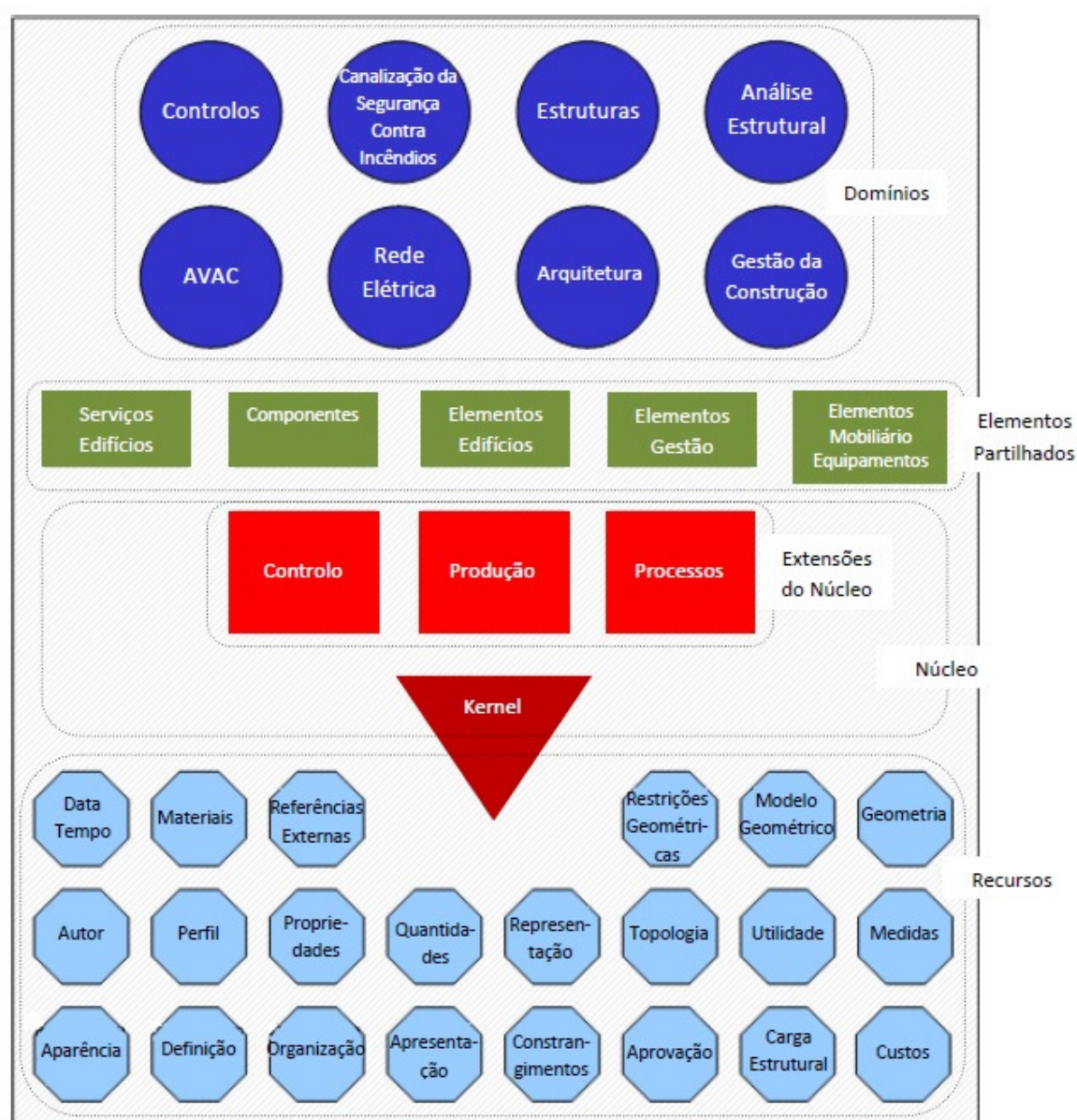


Figura 6 - IFC2X4 - [Fonte: (MSG, 2010)]



O modelo IFC foi desenvolvido com base num pressuposto de interatividade com o utilizador. O âmbito do modelo é demasiado abrangente para incluir todas as especificações existentes a nível mundial na indústria da construção, logo, o modelo foi estruturado de forma a possibilitar a entrada de informação de forma expedita. A alteração de entidades nucleares do modelo só pode ser feita segundo um rigoroso processo de avaliação e certificação, no entanto, a adição de propriedades pode ser realizada por cada utilizador sem precisar de submeter as especificações à *buildingSMART*, visto que todo o processo se desenvolve ao nível das aplicações de modelação BIM. Este processo designa-se por adição de *property sets* (Sousa *et al*, 2011).

#### **2.1.5. Aplicações associadas ao BIM que suportam a base IFC**

Os produtores de *software* ligados à indústria AEC desenvolveram nos últimos anos aplicações interoperáveis, utilizando a base IFC. O desenvolvimento dessas aplicações não se limita apenas à modelação tridimensional dos edifícios, abrange também o suporte a áreas relacionadas com a gestão e exploração da construção ao longo de todo o seu ciclo de vida.

Segundo a BS-ModelSupportGroup (2012), existem *softwares* que utilizam a base IFC, nas seguintes áreas:

- Modelação de Arquitetura
- Avaliação da Eficiência de Edifícios
- Modelação de Especialidades
- Gestão da Construção
- Gestão de Dados
- Ferramentas de Desenvolvimento
- Gestão de Instalações
- Modelação Geral
- Visualização de Modelos
- Modelação e Cálculo de Estruturas

### 2.1.5.1. Aplicações de modelação de projetos de arquitetura que suportam a base IFC

De entre as aplicações mais utilizadas internacionalmente, destacam-se duas, representadas pela GRAPHISOFT e pela AUTODESK, que estão mais amplamente implantadas em Portugal, principalmente pela sua utilização na área de projeto. No quadro abaixo (quadro 6) estão indicadas as aplicações de *software* para modelação de projetos de arquitetura que utilizam a base IFC, desenvolvida da *BuidingSMART* Internacional.

As funcionalidades principais de algumas das aplicações indicadas estão referidas mais à frente, no ponto 2.5 deste relatório. Como se pode constatar a escolha do *software* de modelação deve assentar fundamentalmente nas exigências dos projetos que se preveem modelar e no nível de detalhe que se pretende atingir.

**Quadro 6 - Aplicações de modelação de arquitetura que utilizam a base IFC [Fonte: (BS-ModelSupportGroup, 2012)]**

Aplicação	Fabricante
4M IDEA Architecture	4M SA
Allplan Architecture	Nemetschek Deutschland GmbH
ArchiCAD	GRAPHISOFT
AutoCAD Architecture	Autodesk, Inc.
Bentley Architecture V8i	Bentley Systems, Inc.
Bentley speedikon V8i (SELECTseries4)	Bentley Systems, Inc.
DDS-CAD Architect	Data Design System ASA
Digital Project	Gehry Technologies
EliteCAD AR	Roland Messerli AG Informatik
GTX	Gehry Technologies
IFC-to-RDF Web Service	UGent SMARTLAB
NTItools Arkitekt (Revit plug-ins)	NTI Nestor AS
Revit Architecture	Autodesk, Inc.
SPIRIT	STI / SOFTTECH
Vectorworks Architect	Nemetschek Vectorworks, Inc.
VisualARQ	Asuni CAD, S.A.
cadwork wood	cadwork

### 2.1.5.2. Aplicações de modelação de projetos de especialidades que suportam a base IFC

Para modelação dos projetos de especialidades, genericamente canalizações e equipamentos de água, instalações de climatização e ventilação e instalações elétricas, são utilizadas aplicações com requisitos direcionados à instalação em causa, que utilizam objetos de modelação caraterísticos da especialidade a modelar. Existem aplicações com capacidades que possibilitam a incorporação de várias especialidades, como aplicações específicas para modelar uma única especialidade, com um grau de detalhe necessariamente superior.

**Quadro 7 - Aplicações de modelação de especialidades que utilizam a base IFC [Fonte: (BS-ModelSupportGroup, 2012)]**

Aplicação	Fabricante
4M FineELEC	4M SA
4M FineHVAC	4M SA
4M FineSANI	4M SA
AutoCAD MEP	Autodesk, Inc.
Benchmark	ITI International Training Institute
Bentley Building Electrical Systems V8i	Bentley Systems, Inc.
Bentley Building Mechanical Systems V8i	Bentley Systems, Inc.
CADS Planner Electric	Kymdata Oy
CADduct	MAP Software
CADiE Sähäkkä	Cad-Quality Oy
CADmep+	MAP Software
DDS-CAD MEP	Data Design System ASA
Design Master Electrical	Design Master Software, Inc.
Design Master HVAC	Design Master Software, Inc.
Design Master Plumbing	Design Master Software, Inc.
DuctDesigner 3D	QuickPen
MagiCAD	Progman Oy
PipeDesigner 3D	QuickPen
Raumtool 3D	SOLAR-COMPUTER GmbH
Revit MEP	Autodesk, Inc.
Trimble Design Link	QuickPen
nova	Planca GmbH

### 2.1.5.3. Aplicações de modelação de projetos de estruturas que suportam a base IFC

As marcas de programas de cálculo estrutural começaram a associar aplicações de modelação tridimensional, que possibilitam o cálculo e a visualização 3D do projeto durante o seu desenvolvimento.

**Quadro 8 - Aplicações de cálculo e modelação de estruturas que utilizam a base IFC [Fonte: (BS-ModelSupportGroup, 2012)]**

Aplicação	Fabricante
4M STRAD	4M SA
Advance Concrete	GRAITEC SA
Advance Design	GRAITEC SA
Advance Steel	GRAITEC SA
Allplan Engineering	Nemetschek Deutschland GmbH
AxisVM	InterCAD Kft.
Bentley Structural Modeler v8i	Bentley Systems, Inc.
CAD/QST	TQS Informática Ltda.
CSiBridge	Computers and Structures, Inc. (CSI)
CYPECAD	CYPE Ingenieros, S.A.
ETABS	Computers and Structures, Inc. (CSI)
FEM-Design	Structural Design Software in Europe AB / StruSoft
InfoCAD	InfoGraph GmbH
NTItools Konstruksjon (Revit plug-ins)	NTI Nestor AS
RFEM	Ing.-Software Dlubal GmbH
RSTAB	Ing.-Software Dlubal GmbH
Revit Structure	Autodesk, Inc.
SAP2000	Computers and Structures, Inc. (CSI)
SDS/2	Design Data
SOFiSTiK Structural Desktop (SSD)	SOFiSTiK AG
SPACE GASS	SPACE GASS
ScaleCAD	Jidea Ltd.
Scia Engineer	Nemetschek Scia
SteelVis	National Institute of Standards and Technology-NIST
StruCad	AceCad Software Ltd.
Structural Modeler V8i	Bentley Systems, Inc.
Tekla Structures	Tekla Corporation
Tilt-Werks	Tilt-Up Design Systems, LLC
Tricalcar	Arktec, S.A.
bocad-3D	bocad Software GmbH
ssiIFC - Rhino 3D Smart Structur Interpreter	GeometryGym

### 2.1.6. IFD (*International Framework for Dictionaries*)

O IFD, a estrutura internacional para dicionários, é, em termos simples, um padrão para bibliotecas de terminologias ou definições. O conceito para a biblioteca IFD é derivado de padrões internacionalmente aceites e abertos que foram desenvolvidas com base nas normas ISO, sendo a ISO 12006-3:2007, de todas, a mais importante. A Biblioteca IFD é um dos principais componentes da tecnologia *buildingSMART*, sendo complementada pelos componentes IFC, IDM e MVD (IFDLIBRARY, 2012).

### 2.1.7. IDM (*Information Delivery Manual*)

Os processos *standard* da plataforma *buildingSMART*, formalmente denominados *Information Delivery Manual*, especificam quando certos tipos de informação são necessários durante a construção de um projeto ou operação de um projeto construído. Eles também oferecem especificação detalhada da informação que um determinado usuário (arquiteto, engenheiro, empreiteiro, entre outros) deve fornecer num determinado momento e agrupa informações que são necessárias em atividades associadas: estimativa de custos, quantidades de materiais e programação de trabalhos são algumas dessas atividades indissociáveis (BuildingSMART, 2012).

### 2.1.8. MVD (*Model View Definitions*)

Uma definição de vista IFC, ou *Model View Definition*, define um subconjunto do esquema IFC, que é necessário para satisfazer uma ou mais características do intercâmbio de requisitos da indústria AEC. O método utilizado e divulgado pela plataforma internacional *buildingSMART* para definir os requisitos de intercâmbio é o IDM, definido e caracterizado no ponto anterior, também conhecido como a norma ISO/DIS 29481.

Um *IFC Model View Definition* define um subconjunto integrado do esquema IFC e fornece a orientação de implementação (ou acordos de aplicação) para todos os conceitos do IFC (classes, atributos, relacionamentos, conjuntos de propriedades, definições de quantidade e demais propriedades) utilizados dentro deste subconjunto. Desta forma representa a especificação de requisitos de *software* para a implementação de uma interface IFC para satisfazer as necessidades de intercâmbio de informação.

Considerando que a exigência de intercâmbio geral é independente de um comunicado do IFC particular, a realização (ou ligação) dentro da definição do *model view* é específico para um determinado esquema IFC.

As definições de visualização de modelo ou são definidos dentro da plataforma *buildingSMART*, ou por outras organizações e grupos de interesse. Os MVD's definidos externamente não são considerados como *buildingSMART* MVD's, até que sejam submetidos à *buildingSMART* Internacional, revisto e aprovado pelas equipas *buildingSMART*. (BuildingSMART, 2012)

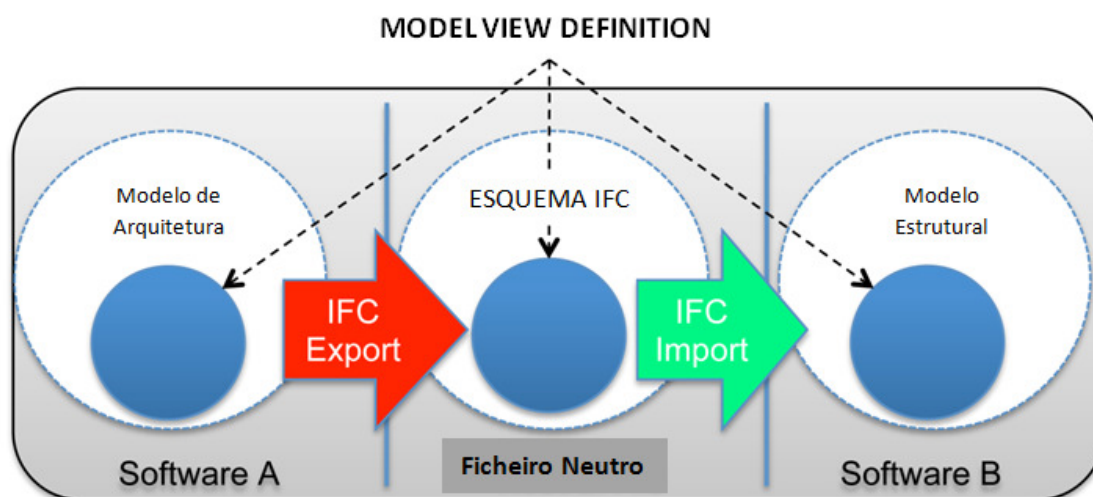


Figura 7 - Model View Definition [Fonte: (GeorgiaTech, 2012)]

### 2.1.9. IPD (*Integrated Project Delivery*)

Um projeto elaborado sob o conceito de IPD subentende a colaboração e o trabalho simultâneo das diferentes equipas de projeto e dos diversos *stakeholders* sobre a mesma plataforma virtual. O maior desafio na implementação atual do BIM é a aceitação da colaboração total como método base de trabalho, isto é, permitir a possibilidade de reunir todos os consultores, empreiteiros, engenheiros e o arquiteto numa plataforma de trabalho comum.



**Figura 8 - IPD - Integrated Project Delivery [Fonte:(BluEnt, 2012)]**

Na indústria AEC são ainda poucos os gestores que conseguem estimar e gerir um projeto com precisão. A principal razão é que há uma falta de integração entre os promotores, arquitetos, engenheiros e equipas de gestão de construção. O conceito IPD não é conivente com individualismo no desenvolvimento de um empreendimento. Para o sucesso do conceito IPD todos os indivíduos ou entidades relacionados com o ciclo de vida do edifício tem de ser uma parte dele (BluEnt, 2012).



**Figura 9 – IPD System - A relação entre os intervenientes no empreendimento [Fonte (BluEnt, 2012)]**

O conceito IPD, quando adotado de uma forma ampla pelo conjunto dos *stakeholders* ligados ao empreendimento, adiciona vantagens significativas aos processos inerentes e agiliza fortemente a troca e atualização de informação. O seu potencial é crescente à medida e inversamente proporcional à eliminação de constrangimentos à utilização do modelo por parte dos utilizadores.

Enumeram-se no quadro seguinte, algumas das mais importantes vantagens na implementação do IPD.

**Quadro 9 - Vantagens da implementação do conceito IPD [Fonte:(BluEnt, 2012)]**

Vantagens do conceito IPD – <i>Integrated Project Delivery</i>		
Para o Promotor	Para os Projetistas	Para os Empreiteiros
Comunicação direta entre o promotor e a equipa de projeto.	Comunicação direta entre a equipa de projeto e o empreiteiro.	Comunicação direta entre a equipa de projeto, empreiteiros, intermediários, fornecedores e subempreiteiros.



**Quadro 9 - Vantagens da implementação do conceito IPD [Fonte:(BluEnt, 2012)] (continuação)**

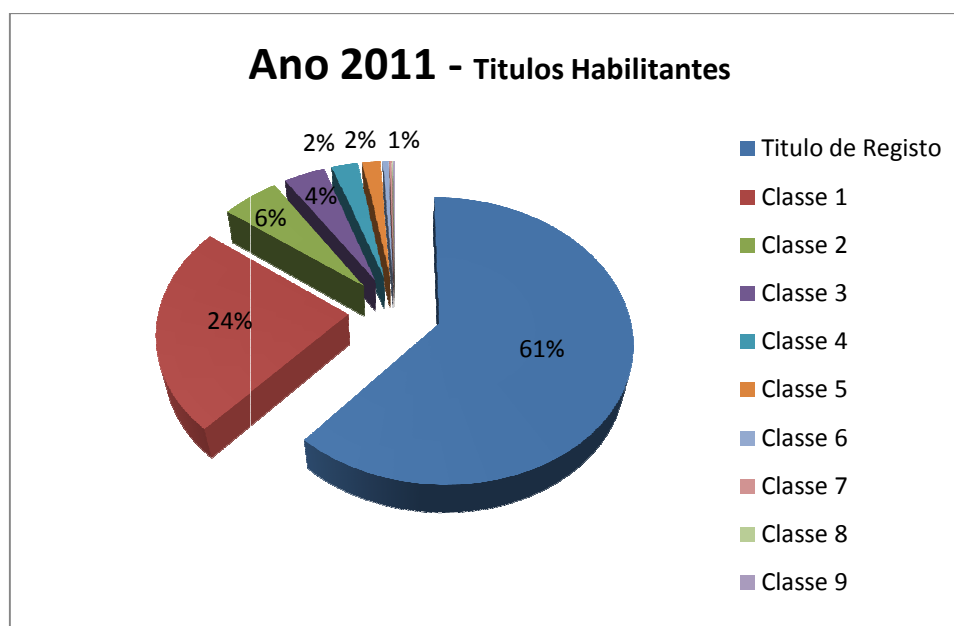
<b>Vantagens do conceito IPD – <i>Integrated Project Delivery</i></b>		
Para o Promotor	Para os Projetistas	Para os Empreiteiros
Obtenção da estimativa de custo do empreendimento numa fase inicial da conceção.	Disponibilidade de dados mais fiáveis em cada fase do processo de conceção.	Gestão mais eficiente da construção, devido à comunicação mais direta entre os membros da equipa.
Evita concertação de preços.	Projetos documentos mais precisos e coerentes.	Mais sincronizado planeamento da construção.
Flexibilidade na formação dos concursos.	Decisões baseadas em melhor informação.	Melhor relacionamento com fornecedores e intermediários.
Redução dos custos de construção e manutenção, aumentando as margens de comercialização.	Demarcação de papéis e responsabilidades dos intervenientes.	Redução da ocorrência de reclamações e defeitos de construção.
Conclusão mais rápida do empreendimento sem perda de qualidade e economia.	Menor dispêndio de recursos durante o licenciamento dos projetos.	Melhor gestão da estrutura de apoio à execução, mais bem definida e mais eficiente.

## 2.2. Estado do conhecimento no âmbito da preparação, controlo e gestão de obras

### 2.2.1. Estado do conhecimento em Portugal

Na indústria AEC – *Architecture, Engineering and Construction*, em Portugal, a integração de metodologias baseadas em modelos tridimensionais, está ainda numa fase bastante incipiente. O facto do setor da construção civil ser constituído na sua grande maioria por empresas de pequena dimensão, torna-se um entrave à implementação de sistemas de informação que requerem para além de um conhecimento mais profundo destas novas tecnologias e uma maior abertura à mudança por parte dos gestores, um investimento em recursos que essas empresas não dispõem.

No âmbito do setor em Portugal, 86,4% das empresas de construção civil pertencem às 3 primeiras classes de alvará, que permitem executar obras até um valor limite de 664.000 €. Se a estas empresas com alvará, adicionarmos as empresas que possuem apenas título de registo, a percentagem atrás indicada sobe para 95% (InCI.IP, 2011).



**Gráfico 1 - Títulos habilitantes na construção em Portugal – Fonte:(InCI.IP, 2011)**

Na maioria destas empresas, a preparação de obra ou não existe ou é exercida de uma forma ineficiente. Os conflitos existentes nos diferentes projetos, a análise das soluções preconizadas, o estudo de alternativas de melhoria, o planeamento, o detalhe da interligação entre as diferentes atividades e materiais, a coordenação dos trabalhos com a necessária antecedência são atividades que na maioria das situações são deixadas ao acaso, ao critério dos executantes diretos, exercidas sob a pressão da necessidade imediata de execução ou então numa fase posterior à execução dos trabalhos. Este procedimento (ou inação) invalida a tomada das decisões mais adequadas e obriga na maioria desses casos à aceitação inconformada das soluções deficientemente concebidas, de modo a minorar o acréscimo de custos afetos à reconstrução.

A diversidade dos materiais, das técnicas de construção e das exigências das entidades oficiais têm obrigado à intervenção cada vez maior do número de participantes. A opção por outras atividades mais rentáveis e por as obras terem aumentado de dimensão, tornou-se necessário a utilização de meios e de métodos conducentes à industrialização (Reis, 2009). Neste âmbito o passo que está a ser implementado neste momento engloba cada vez

mais a utilização dos modelos tridimensionais alargados às dimensões do custo e do tempo, baseados na metodologia BIM.

Ao longo do tempo têm vindo a ser introduzidas na preparação, controlo e gestão de obra, ferramentas informáticas que apoiam e agilizam estas atividades no terreno. Atualmente são diversas as ferramentas para elaboração dos projetos, do planeamento, do orçamento, da gestão de encomendas, da análise e controle contabilístico, entre outros.

Desta evolução e multiplicidade de ferramentas para atividades semelhantes, surgiu o problema de relacionamento e interação entre estas ferramentas, que a não existir dificulta a atualização de dados e a sua coordenação nas diversas bases de trabalho e nos momentos distintos de evolução do projeto ou empreendimento.

Dada a quantidade de informação a tratar neste contexto e a necessidade de obter dados fiáveis com a rapidez que os prazos impostos obrigam, é evidenciado um pressuposto que urge garantir para agilização e fiabilidade da informação – a interoperabilidade das diferentes aplicações informáticas.

A interoperabilidade, como já referido, define-se como a capacidade de vários sistemas trocarem informação entre si e de a utilizarem posteriormente para atingir diversos objetivos.

Com base nessa funcionalidade comum, a capacidade de intercâmbio e utilização de informação partilhada, permitirá a utilização de aplicativos de apoio à gestão de um empreendimento nas suas diferentes fases e a produção, de forma automática, de diversa documentação de suporte, como sejam, cadernos de encargos, mapas de quantidade e preços, planeamento. As alterações introduzidas no modelo podem de imediato ser refletidas nas aplicações periféricas e nos documentos que produzem.

A direção de obra deve controlar e gerir a principal informação da obra, sendo três as principais áreas a focar:

- O projeto;
- As quantidades e o orçamento;
- O planeamento.

Adiante será aprofundada a forma como o BIM, através da interoperabilidade dos sistemas, pode apoiar a gestão das três áreas fundamentais da execução de obra.

### **2.3. A internacionalização do BIM**

A tecnologia BIM tem a nível internacional essencialmente dois países como pioneiros, os Estados Unidos e o Reino Unido, onde a utilização desta tecnologia já está amplamente difundida pelos *stakeholders* da indústria AEC, e onde os organismos estatais assumem esta tecnologia como uma prioridade para o futuro do setor. Como resultado da pesquisa realizada recorrendo à informação disponível na internet, foi possível verificar a existência de inúmeros organismos oficiais e empresas impulsionadoras da implementação das tecnologias BIM.

#### **2.3.1. Os *Standards***

Na bibliografia consultada verifica-se, de uma forma geral, uma elevada preocupação com a standardização de processos, procedimentos e técnicas que permitam uma utilização mais eficiente da tecnologia, uma melhor interoperabilidade entre sistemas e *softwares* de tratamento da informação e a uniformização de práticas comuns entre os intervenientes nos processos de conceção, construção, promoção e exploração. O IFC (*Industry Foundation Classes*) é atualmente a plataforma de classificação dos produtos da construção mais utilizada nas aplicações BIM para a troca de informações entre os modelos tridimensionais e as aplicações periféricas.

### 2.3.2. A implantação do BIM internacionalmente

O nível de implantação do conceito BIM, no seio da indústria AEC, em países com níveis de desenvolvimento tecnológico distintos é reflexo em grande parte da receptividade dos principais organismos intervenientes, assim como resultado de uma cultura generalizada assente na utilização das ferramentas tecnológicas de apoio a concretização dos projetos com uma superior qualidade, eficiência, eficácia, economia e sustentabilidade. A informação relevante, recolhida neste âmbito, está compilada no quadro seguinte:

**Quadro 10 - A implantação internacional do BIM [Fontes: (Khemlani, 2012, WSP, 2012)]**

País	Nível de Implementação da Tecnologia BIM
Índia	Algumas empresas Indianas estão a aproximar-se do BIM, essencialmente com vista à prestação de serviços de modelação para empresas no exterior. Dada a existência de mão-de-obra especializada barata os gabinetes locais são alvo de <i>outsourcing</i> por parte de empresas internacionais para a modelação dos seus projetos. A receptividade do mercado local perante esta tecnologia é ainda muito pouco significativa. Constata-se, no entanto, a perspectiva de execução de grandes infraestruturas no país que irá gerar projetos com a consequente necessidade do incremento de utilizadores locais do BIM.
China	A China opera com planos que definem objetivos por períodos de cinco anos. Neste momento decorre o período que se iniciou em 2011 e termina em 2015. No plano relativo a este período não existe nenhuma menção à utilização dos BIM, sendo as prioridades efetivamente declaradas a eficiência energética dos edifícios e a largamente desejada sustentabilidade. Com estes ambiciosos e exigentes objetivos a China está, no entanto, indiretamente a propor a utilização da alta tecnologia da indústria AEC, como os BIM, com o intuito de os atingir.
Singapura	A principal organização que gere a construção em Singapura é a BCA ( <i>Building and Construction Authority</i> ). Foi um dos primeiros países a explorar as potencialidades do desenho baseado em modelo tridimensional, ainda antes do termo BIM ser utilizado. Na década de 1990 Singapura tinha um projeto de CORENET, que era um sistema de verificação automática da codificação do desenho. Entretanto, o BIM começou a ser

usado, e a BCA traçou uma estratégia de implementação,

**Quadro 10 - A implantação internacional do BIM [Fontes: (Khemlani, 2012, WSP, 2012)] (continuação)**

País	Nível de Implementação da Tecnologia BIM
Singapura	<p>que pretende impulsionar o uso generalizado do BIM na sua indústria até 2015.</p> <p>Com a colaboração da plataforma <i>BuildingSMART</i> Singapura, a BCA está a desenvolver uma base de dados de objetos virtuais, assim como regras de boas práticas a integrar nos BIM.</p> <p>Ao nível do ensino foi criado um fundo para incentivar as entidades que iniciam o desenvolvimento do BIM. As universidades estão igualmente a ser incentivadas a integrar nos seus cursos o ensino do BIM, e a organizar seminários regulares sobre o tema. O BCA está também a trabalhar com os departamentos públicos para estabelecer os requisitos dos BIM, para todos os projetos de edifícios públicos.</p>
Austrália	<p>O BIM está numa fase inicial de implantação nos diversos setores da indústria AEC, com os organismos governamentais e as associações do setor a empenharem-se na aceleração do processo de implementação. O edifício da Opera de Sydney é um exemplo brilhante de como o BIM pode ser usado na gestão de edifícios na fase de exploração.</p>
Países Nórdicos	<p>Os Países Nórdicos (Noruega, Dinamarca, Suécia, Holanda e Finlândia), são a origem de importante tecnologia da indústria AEC. Os <i>softwares</i> Tekla e Solibri, e o Archicad, adotado da vizinha Hungria, estão largamente implantados nestes países. Os países do norte da Europa iniciaram desde muito cedo o uso da modelação tridimensional, a interoperabilidade e os <i>standards</i> para a tecnologia da indústria AEC, assentes na plataforma IFC. As condições climáticas adversas, que condicionam largamente o funcionamento do sector, levaram a um grande desenvolvimento da indústria de pré-fabricação, que é em grande parte suportada e simplificada pelo uso da tecnologia BIM, resultado da sua antecipada implantação. Os Governos destes países estão já a emitir legislação relativa ao uso do BIM.</p>
Reino Unido	<p>Em contraste com a maioria dos países o governo do Reino Unido regulamentou recentemente o uso do BIM. Em Maio de 2011, o governo publicou a Estratégia Governamental para a Construção (<i>Government Construction Strategy</i>), onde dedicou um capítulo inteiro ao BIM. É indicada a data de 2016 para a exigência de todos os</p>

---

projetos em BIM 3D. O documento reconhece que a falta de sistemas compatíveis,

---

**Quadro 10 - A implantação internacional do BIM [Fontes: (Khemlani, 2012, WSP, 2012)]  
(continuação)**

País	Nível de Implementação da Tecnologia BIM
Reino Unido	<i>standards</i> e protocolos, e diferentes requisitos, têm inibido a adoção dos BIM, uma tecnologia que tem a capacidade de assegurar que todos os intervenientes estão a trabalhar a mesma informação. Para isso o governo irá desenvolver <i>standards</i> que permitirão a todos os intervenientes da cadeia AEC trabalhar em colaboração através da plataforma BIM. Este mandato governamental é gerido por um comité AEC (UK) BIM <i>Standard</i> , que já editou o AEC (UK) BIM <i>Standard</i> (2009), o AEC (UK) BIM <i>Standard</i> para REVIT (2010) e o AEC (UK) BIM <i>Standard</i> for Bentley Products (2011). Estão igualmente a trabalhar nos <i>standards</i> para outras aplicações BIM, como o ArchiCAD e o Vectorworks. A indústria AEC-BIM no Reino Unido está já bastante avançada. Londres é atualmente a base de inúmeras empresas internacionais que lideram na sua área de atuação e privilegiam a utilização da metodologia BIM no desenvolvimento dos seus projetos.
Estados Unidos	O departamento estatal GSA ( <i>General Services Administration</i> ) é responsável pela construção e exploração de todos os edifícios federais nos Estados Unidos. Em 2003 estabeleceu um programa nacional para o BIM - 3D-4D, através do seu departamento de arquitetura. Este departamento estatal reconhece que a representação 3D é apenas uma parte do conceito BIM, a dimensão 4D é atingida com a agregação do tempo ao modelo tridimensional. O GSA, no entanto, determinou o uso do BIM para validação espacial dos empreendimentos, antes da apresentação do projeto final, a partir de 2007. Para isso o GSA providenciou um guia com regras para a conceção do programa espacial de validação dos seus projetos. Este é um de uma série de guias que o GSA disponibilizou para os diferentes aspetos do seu programa BIM-3D-4D, como a varredura a laser, o desempenho energético, a circulação, gestão de instalações, entre outros.

---

Para além das iniciativas dos governos em alguns dos países acima citados, existem paralelamente iniciativas de organismos e associações do setor privado, nomeadamente os

representativos da indústria que se movem no sentido de apoiar a implantação e evolução do conceito BIM. São exemplo disso, nos Estados Unidos, as organizações representativas dos construtores, como a AGC of América (*The Associated General Contractors of América*) que intensificaram a disponibilização de formação específica na área do BIM, para apoiar as empresas associadas na implementação desta tecnologia com sucesso.

Recentemente vários fornecedores de *software* BIM, associaram-se para o lançamento da plataforma *OpenBIM*, com o objetivo de permitir a troca de informação entre as suas diferentes aplicações de uma forma mais simples e eficiente. Esta plataforma está associada à plataforma web *BuildingSmart* que disponibiliza objetos para incorporar nos modelos BIM, utilizando a base IFC, esta plataforma é conhecida internacionalmente como a IAI, *International Alliance for Interoperability* (Aliança Internacional para a Interoperabilidade).

O fato do BIM estar a ser reconhecido e promovido por governos de diferentes países serve apenas para reforçar que ele está inegavelmente a substituir o CAD como a ferramenta padrão na indústria AEC em todo o mundo (Khemlani, 2012).



Figura 10 - BIM no mundo – [Fonte: (WSP, 2012)]



## 2.4. O papel da tecnologia BIM na globalização

Na atual economia global, rapidamente as novas tecnologias se propagam através dos canais da indústria colmatando as necessidades de acordo com o contexto onde se inserem. A indústria da construção tem do mesmo modo, cada vez mais uma atuação global. Fruto da conjuntura atual do setor, nomeadamente no nosso país, a adoção de tecnologia que simplifique os processos de internacionalização e implantação das técnicas inovadoras, sem porventura ter que deslocar os detentores do *know-how*, serão sempre um veículo prioritário para assegurar o sucesso das operações. O BIM está a ajudar a tornar a globalização da fabricação de componentes pré-montados cada vez mais complexos, economicamente viáveis.

O BIM vai contribuir para uma maior utilização da pré-fabricação, maior flexibilidade e variação dos métodos e tipos de construção, menor utilização de suporte em papel, eliminação de grande parte dos erros nos processos, menos desperdícios e maior produtividade (Eastman *et al*, 2011).

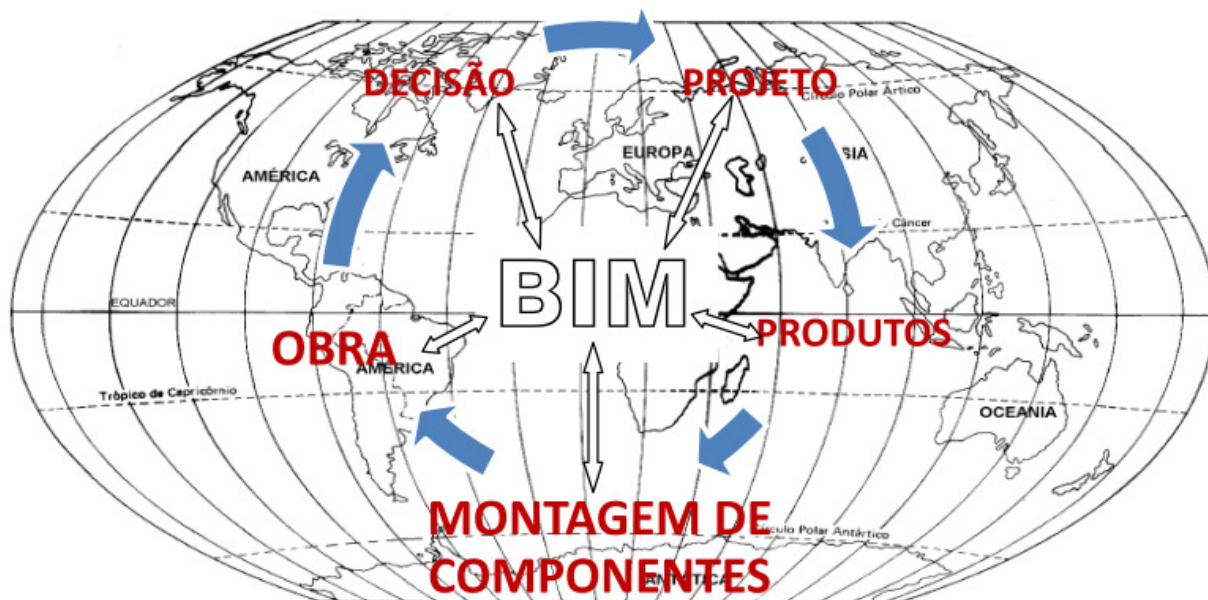


Figura 11 - O papel do BIM na internacionalização

## 2.5. *Software de modelação 3D*

De entre as diversas plataformas de modelação de edifícios, atualmente existentes na indústria AEC, destacam-se algumas pelo facto da sua utilização estar mais difundida a nível internacional, de entre as quais é feita a seguir uma sucinta descrição do seu funcionamento e capacidades. Algumas aplicações possuem interfaces entre si para troca de informação, mas a sua maioria utiliza a base IFC para o fazer. A seguinte informação foi compilada a partir do BIMforumPortugal (2012) e do BIM *Handbook* (2011).

- *Archicad*

O ArchiCAD é um *software* de modelação que suporta bibliotecas de materiais e objetos paramétricos de forma a gerar desenhos 2D e modelos 3D. Capacidades como: mapeamento do modelo; classificação de elementos; modelos de referência IFC; rastreamento de versões e gestão de alterações são algumas das funções deste *software* que permite uma melhor modelação e análise. O ArchiCAD permite também uma plataforma de colaboração em equipa, facilitando assim a criação de equipas de trabalho a partilhar o mesmo projeto BIM. O IPD (*Integrated Project Delivery*), colaboração aberta e fluxo de trabalho em BIM são funcionalidades adicionais que potenciam o trabalho neste *software*. Há vários módulos (addons) ao ArchiCAD, tais como o MEP *Modeller*, que permite integrar projetos de instalações especiais e diagnosticar e corrigir incompatibilidades com o modelo.

- *Revit*

O Revit é uma plataforma para atividades BIM com vertentes de arquitetura, estrutura e MEP (instalações de mecânica e eletricidade e canalizações). É um software que permite o planeamento da construção, verificação de colisões, gestão de alterações, *renderings* em alta definição. O Revit Architecture permite também uma plataforma de colaboração em

equipa, facilitando assim a criação de equipas de trabalho a partilhar o mesmo projeto BIM. Esta plataforma aceita formatos em DWG, IFC e FBX.

- **Digital Project**

O *Digital Project* é um programa desenvolvido pela Gehry Technologies, é um modelador de arquitetura e personalização de edifícios da Dassault's CATIA, a primeira plataforma mundial de modelação paramétrica para sistemas de grande porte das indústrias aeroespacial e automóvel.

O DP requer uma estação de trabalho poderosa para correr nas melhores condições, sendo no entanto capaz de manipular os maiores projetos. É uma ferramenta complexa que tem que ser aprendida em pequenas etapas. Tem um cursor inteligente que apresenta inúmeras opções de seleção.

Como modelador paramétrico, o DP suporta parâmetros globais para definir as classes de objetos, modo de assemblagem, regras e relações a manter entre objetos de modelação. Os sub-tipos de classes de objetos podem ser gerados e a sua estrutura, regras e definições podem ser alterados.

Esta plataforma é excelente a modelar superfícies curvas. Inclui igualmente capacidades de modelação das especialidades de MEP.

- **Vectorworks**

A *Vectorworks* tem uma divisão ligada à indústria naval, que apoia a produção de formas mecânicas para a construção naval.

Em 2009 adotou o motor de geometria *Parasolid* para a sua plataforma de modelação geométrica.

Neste momento o *Vectorworks* é uma plataforma de modelação paramétrica semelhante a muitas outras existentes no mercado, mas com uma utilização mais simples, e com um interface muito mais “amigável” para o utilizador, cujas características têm vindo a ser bastante apreciadas.

Como plataforma de modelação o *Vectorworks* oferece alguma variedade de ferramentas, organizadas como produtos separados, mas que funcionam como um só programa integrado, que inclui os seguintes módulos:

- Arquitetura – Para modelação de projetos de arquitetura e aplicações BIM.
- Desenho – Desenho de objetos e interiores’
- Paisagismo – Ferramenta de paisagismo, com acesso a bibliotecas 2D e 3D.
- Iluminação e Luz – Simulador de iluminação local e eventos luminotécnicos.
- Desenho de máquinas – Ferramenta de modelação de máquinas, com classes de peças paramétricas, também com capacidades de controlo numérico de maquinação.
- Render – Ferramenta de *rendering* Vectorworks.
- **DProfiler**

*DProfiler* é uma aplicação e uma plataforma que evoluiu do *software* adquirido à PTC – *Parametric Technologies Corporation*.

A funcionalidade e versatilidade do *DProfiler* são únicas. Ele aborda a conceção, a partir de um orçamento da construção e em certa medida também baseado no custo de exploração. Ele suporta definições expeditas do desenho de conceção de diversos edifícios tipo, baseado nas características base consoante o tipo de construção e a sua finalidade prevista, baseada em parâmetros como o tipo de compartimentos, solução estrutural, e dados do local, entre outros. Os componentes de primeira linha de um projeto são:

Relativos ao local: Tipo de solo, estacionamento previsto, estado hídrico.

Relativos ao Volume: Revestimentos, características de instalações mecânicas, solução estrutural, compartimentos.

Estes são objetos do modelo que contêm *link's* para a definição dos custos. Um modelo de conceção deste nível pode ser definido através de um esboço 3D, de elaboração relativamente simples, realizado através de operações de edição extremamente intuitivas. Um edifício pode ser composto por como um conjunto de espaços, distribuídos em diferentes pisos, ou pode ser constituído por um volume constituído por piso aos quais é atribuída a compartimentação desejada, ou ainda pode ser modelado como uma mistura das duas metodologias. A morfologia do terreno de implantação pode ser importada dum modelo do local ou através de um segmento do *Google Earth*. Em ambos os casos pode ser adotado um maior ou menor nível de detalhe.

- **Tekla**

O *software Tekla* permite a criação de modelos estruturais 3D. Assiste também na gestão da construção. A plataforma da *Tekla* permite o planeamento e controlo logístico do estaleiro, nomeadamente no controlo do aço e do betão. Permite adicionar pormenores de projeto, sequências do processo construtivo, gerir planeamentos temporais e materiais.

- **DDS Suite**

O *DDS Suite* fornece ferramentas para modelar, parametricamente, projetos de arquitetura, construção e instalações especiais. Está especialmente vocacionado para edifícios com estruturas em madeira. O *software* traz uma biblioteca de ferramentas que facilitam no projeto no que se refere a junções, painéis, tetos e pavimentos, para os mesmos. Acompanha não só processo de construção, mas também o de fabricação. O

programa permite ainda um interface em IFC facilitando a comunicação com outros *softwares* externos.

- **Bentley Suite**

Este *software* oferece funcionalidades de modelação para infra-estrutura, arquitectura, estrutura e instalações especiais. Está vocacionado para a deteção de incompatibilidades, assim como para listagem de quantidades e planeamento. Para além da modelação em 3D, permite o planeamento em 4D. Esta plataforma permite a colaboração e comunicação entre equipas pluridisciplinares. Possibilita uma interoperabilidade com *software* de gestão de projetos como o Primavera e o Triforma.

- **Google SketchUp**

O *Google SketchUp* é um *software* desenvolvido para a criação de modelos em 3D. É extremamente versátil e fácil de usar, sendo utilizado na área de arquitetura, devido à sua facilidade de modelação de estudos de formas e volumes tridimensionais, e por Engenheiros Civis, cujo trabalho requer visualização em 3D. É utilizado principalmente em fase de estudo inicial na criação de esboços de modelos.

- **Allplan Architecture**

Este *software* procura satisfazer as necessidades do mercado, numa plataforma central com diversas ferramentas que integram disciplinas como modelação em 3D, listagem de quantidades, estimativas e orçamentos e soluções de gestão de edifícios. Estas aplicações têm por base a internet, permitindo uma forte colaboração entre equipas de projeto geograficamente distribuídas. Este produto oferece ainda, para além da visualização, a hipótese de fazer *renderings* e criação de “Cinema 4D”.

(BIMforumPortugal, 2012); (Eastman *et al*, 2011)

## 2.6. Aplicações periféricas de extração e tratamento de dados e respetivas funcionalidades

À semelhança das aplicações de modelação tridimensional, existem aplicações periféricas para extração, tratamento e posterior utilização para outros objetivos, da informação extraída do modelo. Nos quadros seguintes são indicadas as principais aplicações periféricas que utilizam a base IFC para o intercâmbio de informação:

**Quadro 11 – Aplicações periféricas BIM para avaliação do desempenho em edifícios [Fonte:(BS-ModelSupportGroup, 2012)]**

Aplicação	Fabricante
IDA ICE	Equa Simulation AB
RIUSKA	Granlund

**Quadro 12 - Aplicações periféricas BIM de gestão da construção [Fonte:(BS-ModelSupportGroup, 2012)]**

Aplicação	Fabricante
AutoBid SheetMetal	QuickPen
BIMProject evolution	AceCad Software Ltd.
CostOS BIM Estimating	Nomitech
CostX	Exactal Technologies Pty Ltd
DDS-CAD Construction	Data Design System ASA
DProfiler	The Beck Group / Beck Technology
EcoDomus PM	EcoDomus
GALA Construction Software	GALA Construction software
IFC Takeoff for Microsoft Excell	Digital Alchemy
ISY Calcus	Norconsult Informasjonssystemer AS
Navisworks	Autodesk, Inc.
SUPerPlan	Deliver Simulation Ltd
SmartKalk	Holte Byggsafe AS
Tekla BIMsight	Tekla Corporation
Vico Office Suite	Vico Software, Inc.

**Quadro 13 - Aplicações periféricas BIM de gestão de dados [Fonte:(BS-ModelSupportGroup, 2012)]**

Aplicação	Fabricante
ACTIVE3D Build Server	GROUPE ARCHIMEN
ActiveFacility	ActiveFacility
BIM Collaboration Hub	Eurostep Group AS
BIMserver	BIMserver.org
Constructivity Model Server	Constructivity.com, LLC
EDMserver	Jotne EPM Technology AS
Horizontal Glue	Horizontal Systems, Inc.
IfcWebServer	Ismail, Ali
cBIM Manager	Asite Solutions Ltd.

**Quadro 14 - Aplicações periféricas BIM de ferramentas de desenvolvimento [Fonte:(BS-ModelSupportGroup, 2012)]**

Aplicação	Fabricante
BSPro	Granlund
ECCO Toolkit	PD Tec GmbH
HOOPS Exchange	Tech Soft 3D
IFC Engine DLL	TNO
IFC SDK	Centre Scientifique et Technique du Batiment (CSTB)
IFC Toolbox	Eurostep Group AS
IFCsvr ActiveX Component	SECOM CO., LTD. / Secom IS Lab
IfcGears	Bauhaus Universität Weimar
IfcOpenShell	Krijnen, Thomas
Open IFC Tools	Bauhaus Universität Weimar / HOCHTIEF AG
ST-Developer	STEP Tools, Inc.
ifc-dotnet	Sproat, Ian
simplebim.Developer	Datacubist Oy



**Quadro 15 - Aplicações periféricas BIM de gestão de edifícios [Fonte:(BS-ModelSupportGroup, 2012)]**

Aplicação	Fabricante
ACTIVE3D Facility Server	GROUPE ARCHIMEN
Artra Field BIM & Life Cycle Management	ARTRA BIMProducts Ltd
DaluxFM	Dalux
EcoDomus FM	EcoDomus
FaMe	Facilities Management Software GmbH
MORADA	SMB AG
Real Estate	Vizelia
Synchro Professional	Synchro Ltd.
TRIRIGA Facilities	TRIRIGA Inc.

**Quadro 16 - Aplicações periféricas BIM de Sistemas de informação geográfica [Fonte:(BS-ModelSupportGroup, 2012)]**

Aplicação	Fabricante
ArcGIS Desktop	Esri
FME	Safe Software Inc.

**Quadro 17 - Aplicações periféricas BIM de suporte específico [Fonte:(BS-ModelSupportGroup, 2012)]**

Aplicação	Fabricante
AEC3 BimServices	AEC3
BIMsurfer WebGL viewer	BIMsurfer.org
IFC BIM Validation Service	Digital Alchemy
IFC Model Exchange for Microsoft Visio	Digital Alchemy
Onuma System	Onuma, Inc.
ROOMEX	Granlund
Solibri Model Optimizer	Solibri, Inc.
Space Layout Editor for Microsoft Visio	Digital Alchemy
dRofus	Nosyko AS

**Quadro 18 - Aplicações periféricas BIM de visualização de modelos [Fonte:(BS-ModelSupportGroup, 2012)]**

Aplicação	Fabricante
3D PDF Converter (for Adobe Acrobat X)	Tetra 4D
AutoVue 3D Professional Advanced	Oracle
BIMReview evolution	AceCad Software Ltd.
Bimshare	Perfect Blue B.V.
Constructivity Model Viewer	Constructivity.com, LLC
DDS-CAD BIM-Enhancer	Data Design System ASA
DDS-CAD Viewer	Data Design System ASA
Dalux BIM Checker	Dalux
Dalux Building View	Dalux
FZK Viewer	Karlsruhe Institute of Technology
IFC Engine Viewer	TNO
IFC File Analyzer	National Institute of Standards and Technology (NIST)
IFC Quick Browser	GEM Team Solutions GbR
IFC2SKP plugin	SECOM CO., LTD. / Secom IS Lab
Nemetschek IFC Viewer	Nemetschek Deutschland GmbH
	National Institute of Standards and Technology (NIST)
IFC File Analyzer	
IFC Quick Browser	GEM Team Solutions GbR
IFC2SKP plugin	SECOM CO., LTD. / Secom IS Lab
Nemetschek IFC Viewer	Nemetschek Deutschland GmbH
Solibri Model Checker	Solibri, Inc.
Solibri Model Viewer	Solibri, Inc.
StruWalker	AceCad Software Ltd.
simplebim	Datacubist Oy

## **2.7. Técnicas e Metodologias**

A metodologia BIM implementada na Mota-Engil Engenharia rege-se por um conjunto de boas práticas adotadas ao longo do tempo de implementação dos processos de modelação e extração de dados do modelo. As regras de modelação são estabelecidas por forma a obter do modelo a diversa informação necessária no decurso da execução de uma obra, quer seja para a sua gestão económica corrente, estudo e apresentação de alternativas, extração de desenhos de preparação, extração de quantidades de trabalhos executados ou reorçamento numa dada fase da empreitada.

As técnicas de modelação tem vindo a ser testadas e desenvolvidas pela empresa em diferentes obras, procurando obter-se informação para utilização futura no melhoramento da metodologia.

## Capítulo 3 - Identificação das exigências de informação para execução de obra, relativas a cada especialidade



### **Capítulo 3. Identificação das exigências de informação para execução de obra, relativas a cada especialidade**

A compilação que se segue, relativa aos elementos informativos necessários à execução da obra no que diz respeito à preparação e organização prévia dos trabalhos, pressupõe que já se encontra realizada uma das etapas fundamentais no início de qualquer empreitada, que é a compatibilização das peças desenhadas das diferentes especialidades do projeto, nomeadamente a compatibilização do projeto de estruturas de betão armado com o projeto de arquitetura e destes com os das restantes especialidades. No anexo 13 deste trabalho, é apresentada uma planta tipo com a compatibilização de especialidades em 2D.

Na preparação de obra, da forma tradicional, uma das primeiras fases do trabalho é a sobreposição bidimensional das plantas de projeto relativas às diversas especialidades, nos seus diferentes níveis. Assim, na mesma base bidimensional, com as plantas de cada especialidade em diferentes *layer's* e com cores distintas, é possível visualizar duas ou até mesmo todas as especialidades do edifício, em simultâneo.

Esta forma de deteção de incompatibilidades de projeto torna-se desnecessária nos BIM, uma vez que com a modelação tridimensional essas incompatibilidades são automaticamente detetadas.

Na forma tradicional, quando é introduzida uma alteração numa das especialidades do projeto, obriga à substituição de todas as plantas 2D dessa especialidade no ou nos ficheiros CAD utilizados.

Nos modelos 3D a introdução de alterações limita-se à adaptação dos objetos modelados, exclusivamente na zona ou área alterada, o que constitui uma vantagem importante no que respeita à otimização de tempo e recursos na análise das alterações sucessivamente introduzidas durante a execução da obra.

Com a modelação do edifício em 3D, nas suas diferentes especialidades, muitas das incompatibilidades são automaticamente detetadas e corrigidas. Suportada pelas relações paramétricas que regem a forma como se conjugam, a associação dos diversos objetos que constituem o modelo é processada com base nos parâmetros estabelecidos para as relações de vizinhança das diversas entidades nas suas diferentes dimensões.

### 3.1. Gestão da informação de projeto

Uma das áreas da gestão da obra, enquadrada na atividade de preparação dos trabalhos é a gestão da informação de projeto.

No decurso da execução são frequentemente introduzidas alterações aos projetos, pelas mais diversas razões e podendo ter como origem os diversos intervenientes no empreendimento, sejam por iniciativa do promotor, do empreiteiro, dos fornecedores ou subempreiteiros, dos projetistas ou das entidades oficiais. A garantia de que na obra são utilizados os elementos de projeto na sua versão mais recente é devida à gestão do projeto, no que respeita ao controlo da distribuição das peças escritas e desenhadas para execução dos trabalhos. Este controlo é responsabilidade do empreiteiro geral, que terá de adotar métodos práticos que garantam que assim aconteça. Com a utilização da tecnologia BIM, sendo as alterações integradas no modelo assim que surgem, a gestão da informação de projeto é em grande parte assegurada pelo próprio modelo.

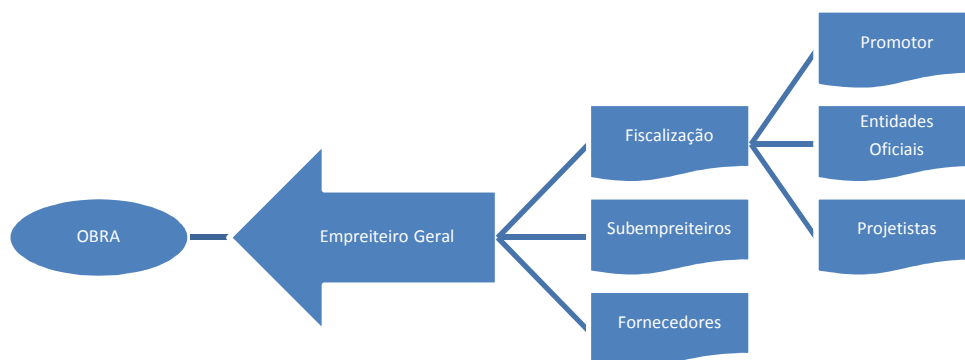


Figura 12 - Gestão da informação de projeto

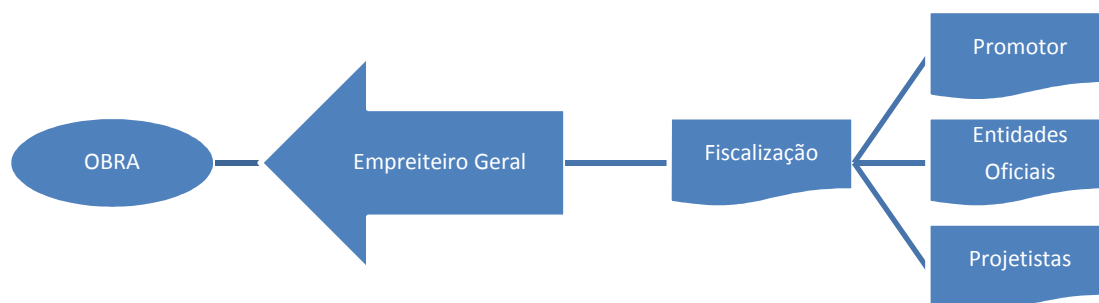
### 3.1.1. Na relação com a fiscalização (dono de obra, projetistas, entidades oficiais)

Da relação contratual entre o empreiteiro e o promotor, representado pela fiscalização, caso exista, resulta um fluxo significativo de informação de projeto. Através deste canal o empreiteiro apresenta eventuais dúvidas de interpretação das peças do projeto, assim como propostas de alternativa que julgue convenientes.

Desta forma, por parte do empreiteiro é nuclear o domínio da informação atualizada, assim como do historial relativo às alterações introduzidas durante a vigência da relação contratual.

O domínio desta informação visa garantir, do ponto de vista da realização dos trabalhos, que estes são executados com todos os elementos de projeto atualizados à data. Do ponto de vista económico, as alterações introduzidas refletem, normalmente, impacto nas quantidades e recursos necessários à realização da obra com os custos que lhe são inerentes. Dominando a informação de projeto a cada momento, o empreiteiro pode utiliza-la igualmente para a gestão económica da empreitada.

Outro fator onde a informação de projeto pode ter impacto é no tempo. As alterações impostas podem incidir de uma forma mais ou menos significativa na duração da execução dos trabalhos. A gestão da informação é neste caso também utilizada para a gestão do tempo.



**Figura 13 - Gestão da informação de projeto na relação com a fiscalização**



### 3.1.2. Na relação com os subempreiteiros e fornecedores

A gestão da informação de projeto na relação com os subempreiteiros e fornecedores, rege-se de forma semelhante à informação relativa à relação com a fiscalização, promotor, projetistas e entidades oficiais. Embora os intervenientes no processo sejam distintos os interesses e processos que levam à gestão da informação do projeto são idênticos.

Ao empreiteiro geral interessa que os subempreiteiros ou fornecedores possuam a informação certa para a execução dos trabalhos ou fornecimentos, e por outro lado manter atualizadas as quantidades e os custos agregados às alterações introduzidas.

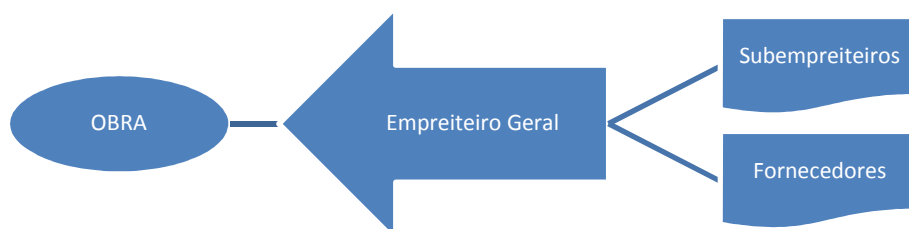


Figura 14 - Gestão da informação de projeto na relação com os subempreiteiros e fornecedores

### 3.1.3. Na relação com as frentes de obra

Os elementos de projeto ou preparação de obra que os responsáveis pelas frentes de trabalho possuem devem estar atualizados a todo o instante, sejam eles subempreiteiros, responsáveis do empreiteiro geral ou outros intervenientes nos processos de execução ou fornecimento. A equipa de gestão da informação de projeto, através de procedimentos protocolares deve assegurar a substituição dos elementos de projeto ou preparação de obra obsoletos, pelas peças atualizadas.

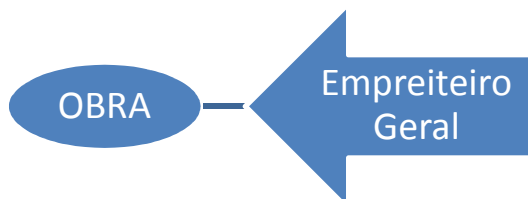


Figura 15 - Gestão da informação de projeto com as frentes de obra.

### **3.2. Peças escritas e desenhadas para apoio à execução dos trabalhos**

Nas sucessivas fases de execução, é imprescindível fornecer à frente de obra os elementos que congreguem toda a informação necessária, e apenas a estritamente necessária, à realização dos trabalhos. Esta informação deve provir dos elementos com a informação mais atualizada à data, do projeto, da fiscalização, de fornecedores ou outra fonte com informação relevante e imprescindível à completa caracterização dos trabalhos a realizar.

Seguidamente faz-se referência aos elementos escritos ou desenhados necessários à execução dos trabalhos no terreno. Embora a referência aos elementos necessários esteja agrupada por especialidades, uma única peça, ou conjunto de peças, pode conter informação relativa a várias especialidades ou tarefas distintas. Este tipo de procedimento, pode ser vantajoso para a coordenação dos diferentes trabalhos desde que a informação não se torne excessivamente concentrada e de interpretação complexa para os executantes diretos.

#### **3.2.1. Betão armado**

Para execução da estrutura de betão armado, de uma forma genérica, vislumbra-se necessário a elaboração das seguintes peças desenhadas:

- Planta de escavação e base das fundações

Após a escavação geral para obtenção das cotas de trabalho é necessário escavar criteriosamente e à profundidade adequada para execução das sapatas, tendo em conta quer o tipo de terreno encontrado e a capacidade de suporte adotada em projeto, quer a composição das diversas camadas do elemento de fundação e a cota que se pretende atingir na sua face superior. Por norma pretende-se que a face superior dos elementos de fundação tenha uma cota semelhante, e coordenada com a espessura preconizada para o pavimento térreo. A planta de escavação e de base

das fundações deve conter as dimensões dos caboucos a abrir e a sua profundidade relativa a uma cota de referência previamente definida, ou relacionada com as cotas definidas pelo próprio projeto. Esta última metodologia é de adotar sempre que possível. Utilizar em todos os desenhos de preparação de obra cotas relativas a um mesmo referencial pré estabelecido, é a forma mais eficaz de evitar erros na transposição dos elementos para a obra.

- Planta de fundações

Planta com a localização dos eixos ou alinhamentos das faces de todos os elementos verticais, no seu arranque. Dimensões e localização relativa das sapatas em planta e indicação da dimensão de arranque dos pilares. Nas plantas deve também ser feita referência a eventuais atravessamentos dos elementos estruturais enterrados. Caso a implantação seja feita com apoio topográfico, será ainda necessário indicar na planta de fundações as coordenadas de implantação dos diferentes elementos, quer para abertura das fundações, quer para a implantação dos elementos verticais. Caso se trate de ensoleiramento geral deve ser realizada uma planta autónoma, com a indicação das cotas finais do pavimento, indicação das pendentes e eventuais desníveis prevendo acabamentos finais eventualmente com diferentes espessuras.

- Arranque de outros elementos estruturais específicos

Em algumas obras, principalmente as de alguma dimensão e complexidade, existem elementos específicos cujo posicionamento aquando da betonagem das fundações é imprescindível. Verificando-se uma elevada densidade de elementos a implantar, por vezes é necessário pormenorizar a localização do arranque desses elementos, a uma escala maior e mais apropriada a compreensão de todos os detalhes a cumprir. Carecem de pormenorização específica e cotagem relativa aos outros elementos por exemplo as escadas, as caixas dos elevadores, as rampas ou ductos em betão.

- Cortes verticais

Estes desenhos de preparação são normalmente associados às plantas de fundações e eventualmente representados na mesma folha da planta. Devem representar casos particulares de difícil representação em planta onde são indicadas com maior clareza o posicionamento altimétrico dos elementos de fundação (sapatas, lintéis, muros de encabeçamento, entre outros), assim como a sua relação com o pavimento térreo ou outras peças relevantes.

- Planta de redes enterradas

Aquando da execução das fundações e antes da betonagem do ensoleiramento geral, quando este existir, ou do pavimento térreo, é necessário instalar as redes de drenagem ou abastecimento enterradas.

Sobre a planta de fundações devem ser representadas estas redes, localizando as caixas de ligação, derivação ou outras com as suas dimensões reais. Desta forma é possível aferir a compatibilidade destas redes com os diversos elementos de fundação e definir os locais de atravessamento a garantir nas peças de betão.

- Plantas de eixos para a implantação dos elementos verticais nos pisos

Plantas dos diferentes pisos com os principais eixos de implantação assinalados, indicação das dimensões dos elementos verticais e o seu posicionamento relativo aos eixos principais, dimensões de negativos e sua localização.

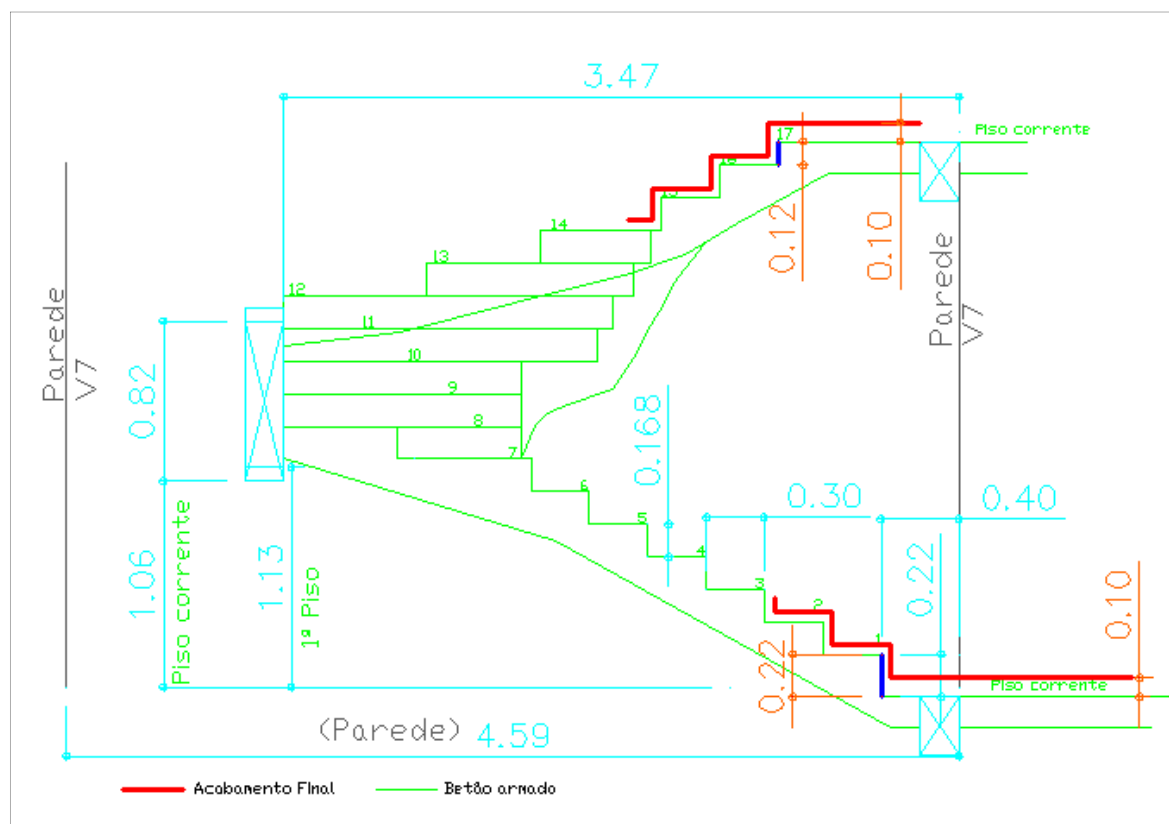
Nessas mesmas plantas, devem ser definidas situações particulares a considerar, como desníveis, posicionamento de gabaritos, arranque de escadas ou rampas.

- Planta e corte tipo da caixa de escadas e elevadores

O núcleo composto pelos acessos verticais de um edifício é uma zona nevrálgica e fundamental para a sua funcionalidade. Do mesmo modo na sua construção, esta área merece um estudo e uma definição extremamente cuidada e rigorosa. Dos

núcleos de acesso derivam os elementos horizontais que formarão as futuras lajes que suportarão o funcionamento do edifício.

Nestas peças desenhadas são definidas as cotas altimétricas dos diferentes pisos, quer nos patamares ou corredores de acesso, quer nas áreas privadas, em corte e em planta e a sua relação com os pavimentos e elementos verticais da envolvente. As escadas têm frequentemente espessuras para acabamentos finais inferiores às espessuras necessárias nos pisos.



**Figura 16 - Corte de escada tipo - Superfície de betão versus acabamento final**

▪ Pormenorização de rampas de ligação e acesso entre pisos

As rampas de acesso, nomeadamente às caves dos edifícios devem ser alvo de um estudo pormenorizado. Quando as rampas têm um desenvolvimento linear, um simples corte longitudinal, com a indicação e cotação dos pontos notáveis, é suficiente para que em obra possa ser executada a cofragem que lhe dará forma.

Já as rampas que têm desenvolvimento circular carecem de pormenorização específica adequada aos raios de curvatura previstos em projeto. A definição da superfície curva tem que ser baseada em radiais de nível igualmente espaçadas. Quanto maior o numero de radiais implantadas, maior o rigor na execução da cofragem de suporte da lâmina de betão. De seguida são apresentados desenhos exemplificativos de preparação de uma rampa circular.

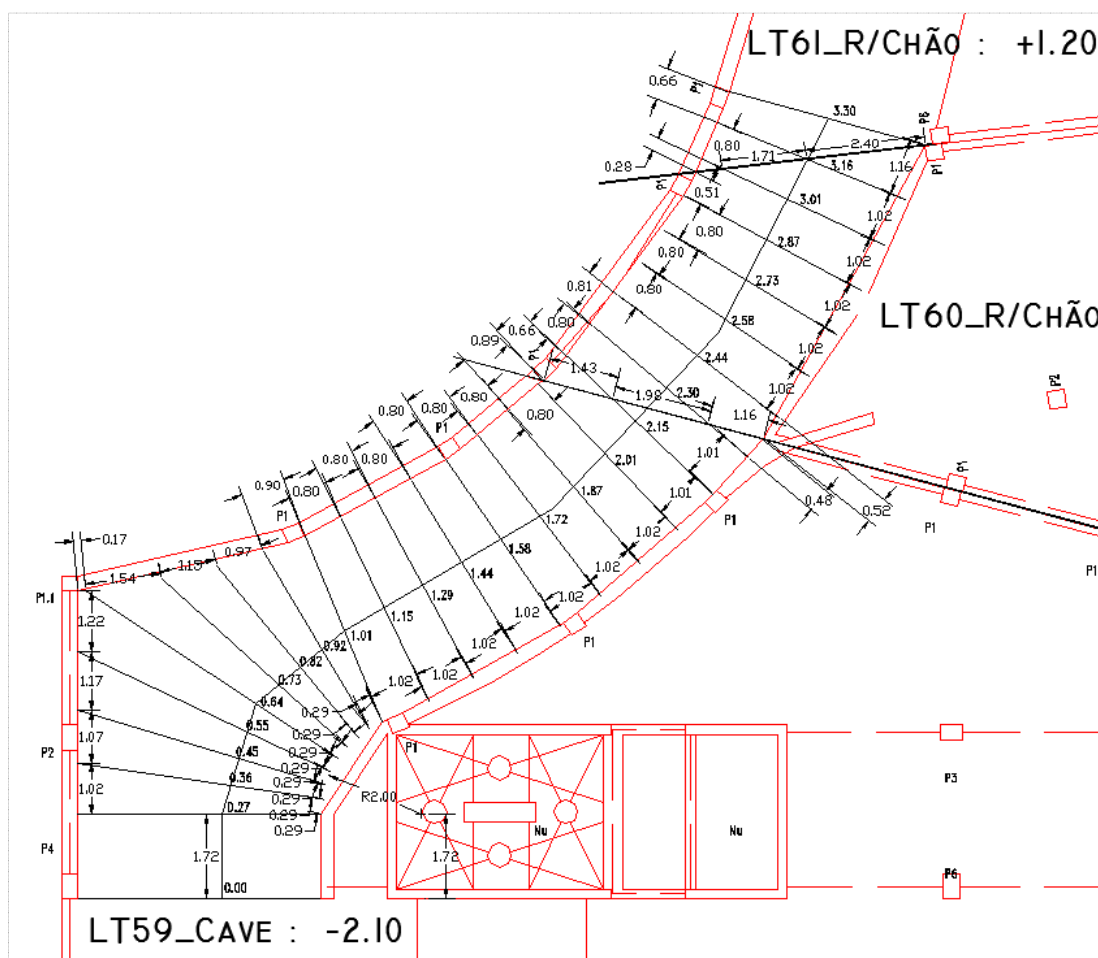


Figura 17 - Desenho tipo de preparação de uma rampa com desenvolvimento circular

- Estereotomia de cofragens para superfícies de betão aparente

Em projetos onde são previstas paredes estruturais cujas superfícies se pretendem aparentes é necessário definir uma estereotomia para os painéis de cofragem, uma vez que estes deixarão marcas na superfície. Raramente em projeto é definida a modulação de acordo com um sistema de cofragem *standard*, pelo que serão

necessários executar painéis ajustados à grelha definida para a superfície, ou é permitido o ajuste dessa grelha às dimensões de painéis standard. Sendo a cofragem apropriada para execução de superfícies de betão aparente, e a betonagem bem executada, as marcas superficiais serão os orifícios onde atravessam as ancoragens e os relevos lineares da periferia de cada painel.

Por regra é selecionado um sistema de cofragem, e quando o projeto assim o permite, com as dimensões disponíveis e conjugações que permitem é estudada a modulação cuja estereotomia mais se aproxima da definida em projeto. Estes desenhos de preparação são normalmente apresentados ao projetista de arquitetura para aprovação e servirão posteriormente de base a montagem da cofragem da parede.

- Alçados de muros ou paredes para localização de aberturas

Alguns projetos com paredes em betão armado, encerram nessas áreas aberturas para futuros vãos exteriores ou interiores.

Para a sua correta localização são elaborados desenhos em alçado desses muros ou paredes, que se definem as dimensões das aberturas em tosco e a sua localização.

### **3.2.2. Alvenarias**

Na fase de alvenarias, após a elevação da estrutura do edifício, tornar-se-ão necessários os seguintes desenhos de preparação de obra, para a sua execução:

- Planta de alvenarias de cada piso

As plantas de alvenarias têm como objetivo principal a definição dos diferentes tipos de paredes a executar, as dimensões em planta, localização e dimensões planimétricas e altimétricas dos vãos no tosco. Indicação pormenorizada da conceção das padieiras, ombreiras e peitoris, eventuais caixas de estore, palas ou

outros elementos a realizar em simultâneo com as alvenarias. Nesta planta ou em elemento anexo deve ser feita referência aos reforços a executar nas zonas críticas dos panos de alvenaria, à utilização de eventuais elementos de separação acústica, térmica ou estrutural e a outros cuidados exigidos a ter na execução dos trabalhos.

### **3.2.3. Acabamentos**

Com a conclusão das alvenarias e o desenvolvimento dos trabalhos relativos às especialidades, serão necessários para a fase de acabamentos plantas dos diferentes pisos com a indicação dos acabamentos finais previstos nos vários compartimentos para os tetos, paredes e pavimentos com referência à existência de rodapés, lambrins ou outras peças de revestimento com diferenciação das suas características.

#### **3.2.3.1. Acabamento de tetos**

As plantas relativas aos tetos serão com o conteúdo genérico a seguir indicado.

- Plantas de tetos com a indicação de todos os elementos a incorporar e com a indicação das cotas altimétricas, eventuais recaídas, acessos e outros detalhes a enquadrar na sua execução, identificando diferenciadamente e com grafismo de fácil perceção, os tipos de teto previstos. Em alguns casos, quando o acabamento não é continuamente liso, torna-se necessário definir também a estereotomia das peças, juntas ou outros elementos que constituem os tetos e que serão visíveis.

#### **3.2.3.2. Acabamento de paredes**

Para as paredes, dependendo do tipo de acabamento previsto, podem ser necessários um ou mais desenhos para a sua completa definição. Serão necessárias plantas gerais e desenhos específicos para determinadas áreas, como a seguir descrito:



- Plantas de arquitetura com a evidenciação dos acabamentos das paredes nos diferentes compartimentos. A identificação dos acabamentos pode ser feita de diversas formas, utilizando legendas de texto ou cores diferenciadas para as linhas que representam os revestimentos. Nos casos onde exista mais do que um acabamento, essa diferenciação deve ser expressa definindo claramente os limites dos acabamentos constituintes. Essas plantas devem ainda indicar a cota onde o revestimento deve terminar, em cada pano de parede ou troço de parede.
- Alçados das paredes constituídas por revestimentos em painel, que podem ser constituídos por distintos e diversos materiais, como madeira, pétreos, fenólicos, compósitos, plásticos entre outros, e que tenham de respeitar uma determinada estereotomia.

#### **3.2.3.3. Acabamento de pavimentos**

À semelhança das paredes, para os pavimentos pode ser suficiente uma planta geral com a indicação dos acabamentos ou a especificação mais detalhada de determinadas áreas, como diferenciado a seguir:

- Plantas dos vários pisos com a indicação gráfica ou legendada dos diferentes acabamentos previstos para os pavimentos. Caso se trate de pavimentos descontínuos é necessário detalhar a estereotomia definida para a sua montagem ou aplicação.
- Plantas com a definição da serragem de juntas nos pavimentos de betão afagado – para a definição das juntas a realizar nos pavimentos térreos de betão é elaborada uma planta, tendo por base a planta estrutural desse piso, com a identificação das juntas de serragem, cotadas aos elementos estruturais verticais. Na periferia desses

elementos estruturais verticais são localizadas as juntas de “encaminhamento” da fissuração nessas zonas.

#### **3.2.3.4. Revestimentos exteriores**

Os revestimentos exteriores carecem de um estudo objetivo tendo em conta as suas especificidades, podendo ser necessários desenhos de caracterização geral, de pormenor ou ambos, conforme os casos que a seguir se descrevem.

- Alçados e pormenores com a estereotomia e acabamentos das fachadas:

Quando o edifício é revestido exteriormente com materiais descontínuos, ou com alguma variedade no tipo de acabamentos previstos, os alçados do projeto de arquitetura refletem esses materiais e as áreas onde se aplicam. Em alguns casos, no entanto, a fronteira que separa materiais distintos pode não ser perfeitamente perceptível, ou de localização tal que suscite eventuais dúvidas.

Para efeitos de execução e apoio aos trabalhos, pode haver a necessidade de pormenorizar as zonas de ligação, nomeadamente a uma escala superior à do projeto de arquitetura.

Para além disso, no que respeita aos materiais cuja superfície terá discontinuidades, é necessário elaborar alçados dessas áreas com a definição do posicionamento das juntas, o seu enquadramento com os restantes elementos da fachada e detalhar a forma como serão realizados.

No caso específico de materiais pétreos, normalmente os desenhos de execução, são também os desenhos que suportam as encomendas. Nesse contexto as peças desenhadas devem, além de representar a estereotomia, pormenorizar o fabrico das diferentes peças, relativamente aos aspetos dimensionais, de acabamento superficial, entre outros trabalhos a executar nessa fase.

### **3.2.3.5. Coberturas**

A preparação relativa às coberturas dos edifícios depende do tipo de cobertura preconizada, assim como do sistema de impermeabilização previsto. De uma forma geral, a cobertura da maioria dos edifícios atuais é plana. Para este caso os elementos de preparação devem compilar a informação seguinte, salvaguardando as suas particularidades.

- Planta de coberturas, com a identificação dos materiais que as constituem, respectivas espessuras, caracterização dos enchimentos para formação de pendentes e cotas altimétricas de pontos notáveis.

A grande maioria das coberturas dos edifícios contemporâneos é realizada em terraço, nomeadamente de tipologia invertida.

Para este caso a planta de preparação da cobertura deve refletir em primeiro lugar a forma da superfície onde irá ser instalada a impermeabilização. A planta de cobertura do projeto de arquitetura precisa de ser complementada com informação que normalmente não integra. O posicionamento dos dispositivos de descarga deve ser compatibilizado com o projeto de drenagem de águas pluviais. As caleiras, valetas ou outros dispositivos de encaminhamento das águas pluviais têm que ser caracterizados com cotas planimétricas e altimétricas, indicando as pendentes a garantir.

A restante superfície da cobertura será identificada com as linhas de quebra das dos diferentes planos, cotas relativas dos pontos notáveis, implantação e cotagem de elementos emergentes e indicação do sentido das pendentes assumidas.

A planta será sempre acompanhada de pormenores com a constituição das camadas que compõem a cobertura nas suas diferentes áreas.

### **3.2.3.6. Áreas específicas e particulares**

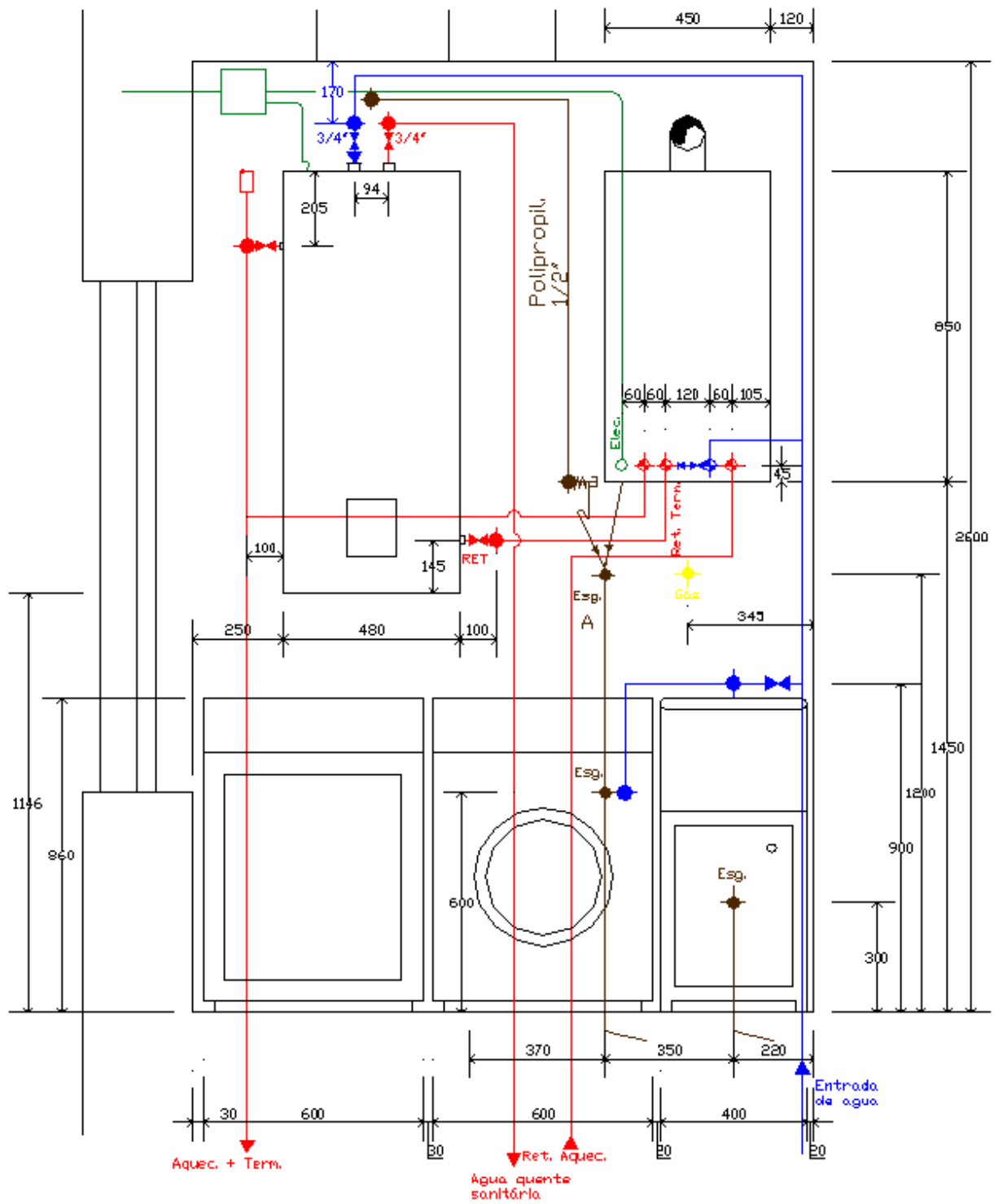
Em determinadas obras existem áreas que requerem um tratamento específico, dada a sua utilização prevista. No caso, por exemplo de cozinhas industriais, refeitórios ou laboratórios existem pormenores de execução que nem sempre estão devidamente identificados e detalhados no projeto de arquitetura, mas a utilização específica do espaço requiere a sua execução. Estas áreas devem ser alvo de especial atenção no seu estudo, aprofundando eventualmente requisitos legais relacionados com a utilização destes espaços, que obrigam à execução dos revestimento e infraestruturas de forma criteriosa. Na maioria dos casos revela-se fundamental o contacto e estudo conjunto destes espaços com empresas ou gabinetes especialistas nas áreas concretas, antes da elaboração dos desenhos de preparação de obra.

### **3.2.4. Redes de abastecimento de água e incêndio**

Para a execução das redes de abastecimento de água e incêndio, sua coordenação e conjugação com o projeto de arquitetura e com as outras especialidades, seguir-se-á a elaboração das seguintes peças de preparação de obra:

- Identificação da localização das saídas de alimentação de água, para serviço ou alimentação de equipamentos e representação nos alçados das paredes respetivas.
- Dimensionamento dos ductos verticais para instalação das colunas de alimentação e implantação das respetivas tubagens.
- Definição do *layout* das instalações de bombagem e compartimentos de reserva, implantação de tubagens, equipamentos e respetivas interligações.
- Implantação do espaço necessário para equipamento de contagem e respetivos equipamentos acessórios.

- Identificação e localização dos espaços necessários em tetos falsos, paredes e pavimentos para instalação das tubagens, prevendo os atravessamentos necessários nos elementos de betão armado.
- Localização das bocas de incêndio, representação em alçado com a identificação da sua relação com os elementos da envolvente.
- Implantação em planta das peças sanitárias com as dimensões reais dos modelos selecionados, respetivos afastamentos e relação com os elementos da envolvente, sobrepostas aos negativos previamente executados, nos casos onde se aplique.
- Identificação e localização dos equipamentos a instalar nas paredes das instalações, e a sua relação com as tubagens e condutas de alimentação e drenagem.



A - Esgoto com ponta rosçada de diâm. 3/4"

Figura 18 - Exemplo - Layout de equipamentos a instalar numa lavandaria

### 3.2.5. Rede de esgotos e águas pluviais

Em alguns casos estas redes são enterradas na área do edifício, e por isso executadas imediatamente antes da fase das alvenarias. Quando são enterradas, mas nas áreas exteriores ao perímetro do edifício são realizadas numa fase mais próxima da conclusão da empreitada, por questões de necessidade de áreas para estaleiro e movimentação de máquinas. Consoante os casos poderão ser necessários os seguintes desenhos de preparação de obra.

- Planta com a implantação das redes enterradas (caso existam), sobre a planta de fundações, com a indicação das cotas altimétricas do fundo das caixas de inspeção, relativamente a uma cota de referência (por exemplo, a cota do pavimento térreo), dimensão e tipo das tubagens a instalar. Pormenor das caixas a executar ou indicação em planta do tipo de caixa referenciada no projeto. Pormenor com o tipo de vala, eventuais elementos obrigatórios, e modo de realizar o seu tapamento.
- Planta com a implantação da rede suspensa de esgotos, caso exista, sobre a planta estrutural do piso imediatamente superior (que indique as vigas e os elementos estruturais a atravessar), com a indicação das cotas altimétricas a respeitar pelas tubagens nos pontos notáveis da rede, diâmetros e tipo de tubagem a instalar e a sua interligação com outros elementos previstos em projeto (câmaras de bombagem, caixas suspensas e outros).
- Implantação à escala e com as dimensões reais das condutas verticais de esgotos, aferição da suficiência dos espaços previstos e a sua compatibilidade com as ligações horizontais às peças sanitárias, caixas de ligação e cota de eventuais tetos falsos.
- Planta das instalações sanitárias com a localização das peças sanitárias e caixas de ligação com a identificação da ligação à coluna de descarga respetiva.

### **3.2.6. Redes de ar, ventilação e ar condicionado**

Esta especialidade integra um grande número de elementos pré-fabricados que integram as redes a instalar. Os desenhos de preparação desta especialidade são ao mesmo tempo desenhos de suporte ao fabrico dos elementos pré-fabricados. Por esse motivo estes desenhos devem ter um nível de detalhe e uma escala apropriada para esse fim.

- Planta com a implantação, à escala e com as dimensões reais, das condutas verticais nos respetivos ductos, aferição da suficiência dos espaços previstos e a sua compatibilidade com as outras especialidades que partilham esses espaços.
- Localização em planta e alçados das paredes, das grelhas e outros elementos (termostatos, dispositivos de controle, etc.) relativos à instalação.
- Desenhos com a localização altimétrica e em planta dos equipamentos interiores, caracterizando a sua relação com tetos falsos, condutas e outros elementos de ligação, alimentação e comando, e ainda com outras instalações previstas na sua envolvente.
- Desenhos (plantas, cortes, alçados e pormenores) das áreas técnicas, com a representação do layout dos equipamentos, tubagens e outros equipamentos de interligação e alimentação e infraestruturas de construção civil necessárias (acessos, ventilação, apoio, drenagem, etc.)

### **3.2.7. Redes de gás**

As redes de gás estão sujeitas a normas regulamentares de segurança que a sua execução deve refletir, a correta localização das redes e equipamentos acessórios de manobra e segurança deve ser criteriosamente definida.



- Desenhos de pormenor com a localização dos equipamentos de manobra da rede de gás e outros equipamentos acessíveis, como sejam detetores, sinalizadores, sirenes, entre outros.
- Planta com o traçado da rede de abastecimento, com a identificação de eventuais caixas de visita, suas dimensões, e dispositivos de proteção e vistoria às soldaduras.
- Pormenorização de maciços de instalação de depósitos de gás, caso existam, elementos de vedação e proteção.

### **3.2.8. Pavimentação e arranjos exteriores**

A preparação relativa aos arranjos exteriores pressupõe a decomposição do projeto de arranjos exteriores e respetivos desenhos de pormenor, em plantas representativas das diferentes fases de trabalhos, acompanhadas com a pormenorização específica necessária a cada uma dessas fases.

- Planta de movimento geral de terras, com a indicação das cotas altimétricas de base das plataformas de trabalho.
- Planta com a sobreposição das infraestruturas a instalar, redes de esgotos, águas pluviais e ramais de abastecimento ao edifício, entre outros.
- Planta com a definição da rede de rega, caso exista, e ou da rede de abastecimento de água a pontos de água de serviço.
- Plantas parciais com elementos particulares que existam no projeto de arranjos exteriores cuja fundação ou maciço de suporte seja necessário executarem. Enquadram-se neste caso, a existência de lagos, pequenas construções, aparelhos de iluminação pública, ou elementos de ancoragem necessários para os mais diversos fins.

- Planta com a definição dos elementos que delimitam as diferentes zonas, com a indicação das cotas planimétricas e altimétricas e acompanhada dos pormenores específicos aplicáveis em cada caso.
- Planta com a definição dos acabamentos finais das diferentes áreas, indicando a espessura de acabamento prevista e as cotas altimétricas finais.
- Planta com a localização das plantações previstas, árvores, sebes, canteiros e definição do coberto vegetal previsto nas diferentes zonas.

### **3.3. Planeamento**

O desenvolvimento das atividades de preparação de obra, nomeadamente a elaboração de desenhos e pormenores de execução, está intimamente ligado com o planeamento da obra.

Como anteriormente foi referido os desenhos e outros elementos de preparação devem ser compilados no momento mais próximo possível do início da execução dos trabalhos alvos desses desenhos. Os elementos fornecidos para a frente de obra têm que conter toda a informação sobre as alterações de projeto introduzidas até então.

Nesse sentido, o planeamento da preparação da obra deve ter em conta o planeamento das atividades alvo dos elementos de preparação e as datas chave definidas para o início das respetivas tarefas.

Os conceitos de macroplaneamento, microplaneamento e datas chave têm um papel fundamental na gestão da obra, e assim sendo estão intimamente ligados à evolução do trabalho de conceção de peças desenhadas de apoio à execução dos trabalhos.

O macroplaneamento é definido com base nas durações globais, das grandes atividades da obra, normalmente identificadas pelos diferentes capítulos do mapa de quantidades, betão armado, construção civil e as diversas especialidades que compõem a empreitada. Estes capítulos do mapa de quantidades podem ser mais ou menos subdivididos no

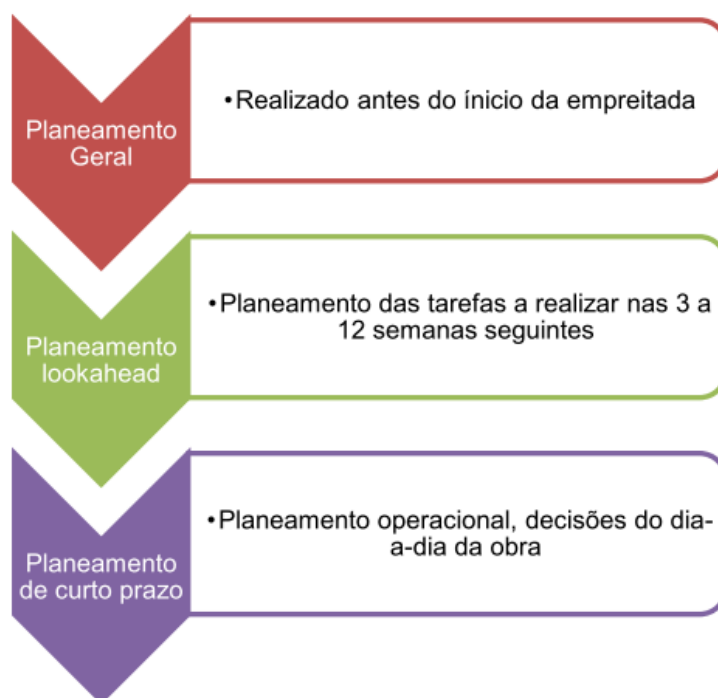
macroplaneamento, tendo em conta a diferenciação, o volume de trabalhos envolvido e a conveniência quanto ao modo de execução da obra.

No microplaneamento é planeada a execução dos trabalhos de distintas partes ou setores da obra que se desenvolverão nessa frente num horizonte relativamente próximo. Podem estar ligados a um ou mais artigos do mapa de quantidades.

Trata-se de atribuir o desenvolvimento das atividades identificadas nos planos de macroplaneamento às diferentes frentes de obra, integrando detalhadamente os trabalhos que se desenvolverão necessariamente em simultâneo.

Com base no microplaneamento são estabelecidas datas chave para início das atividades e datas limites para entrega dos elementos de preparação necessários ao aprovisionamento de recursos e consequente execução dos trabalhos.

Segundo Nunes (2010), devido à complexidade dos projetos de construção e à variabilidade dos processos que os constituem, existe a necessidade de dividir o planeamento em diferentes níveis hierárquicos, atribuindo três níveis gerais ilustrados na figura seguinte.



**Figura 19 - Níveis de Planeamento [Fonte:(Nunes, 2010)]**

Este autor denomina de planeamento de médio prazo ou *lookahed* o conceito de micro planeamento. O planeamento de curto prazo estabelecido por este autor como o nível mais baixo do planeamento de um projeto, está intimamente ligado às datas chave estabelecidas para o início e fim das atividades. É com base nesta informação que os diferentes setores ou frentes de obra fazem a gestão imediata das suas atividades.

O planeamento da preparação e elaboração de desenhos de apoio à execução dos trabalhos, estando intimamente ligado ao planeamento das atividades e às respetivas datas chave, pode comprometer o planeamento global da empreitada, caso não seja devidamente coordenado.

### **3.3.1. Planos de microplaneamento**

Os planos de microplaneamento devem ser de interpretação simples e refletirem as várias etapas e sub atividades inerentes à execução dos trabalhos. São os recursos humanos e materiais, equipamentos e infraestruturas de apoio à execução, que devem figurar neste tipo de planificação.

Com o BIM este planeamento pode ser associado as diferentes localizações e frentes de obra.

Recorrendo ao método de planeamento baseado na linha de balanço (LOB – *Line of Balance*), a perceção do início e do período de execução das atividade torna-se mais evidente e intuitiva.

A Linha de Balanço é o método gráfico de calendarização que permite ao planeador levar explicitamente em conta o fluxo de trabalho do projeto e da construção através da utilização de diagramas com linhas para representar diferentes tipos de trabalhos (Sousa e Monteiro, 2011).

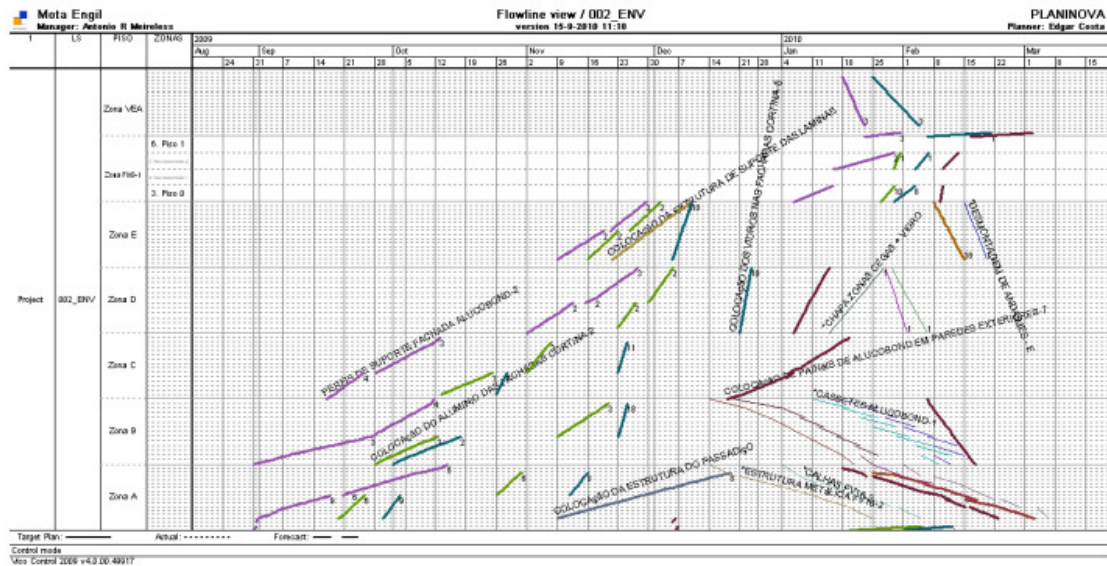


Figura 20 – LOB-*Line of Balance* obtido a partir do *software* VICO (Exemplo) [Fonte:(Nunes, 2010)]

### 3.3.2. Datas-chave

Para as equipes de execução, e para os seus responsáveis, a adoção de métodos de planejamento com alguma complexidade e fora do seu âmbito de conhecimentos, leva a uma perda de eficiência na execução dos trabalhos e proporciona a ocorrência de erros de interpretação e eventuais falhas na angariação dos recursos previstos.

De uma forma mais expedita, o que realmente se torna de extrema importância para as equipes de frente de obra são as datas chave inerentes ao planejamento das diferentes atividades. As datas chave são definidas a partir do microplaneamento e servem de balizamento às diferentes tarefas de execução.

## Capítulo 4 - Compilação pormenorizada das necessidades típicas de preparação de obra na sua forma tradicional



## **Capítulo 4.      Compilação pormenorizada das necessidades típicas de preparação de obra na sua forma tradicional**

### **4.1.      Informação a incluir nos desenhos**

Cada peça desenhada de preparação de obra deve incluir a informação relativa à execução de um ou de um conjunto determinado de trabalhos, mas apenas a estritamente necessária à sua completa execução. Estes desenhos específicos devem reunir e conjugar a informação dos diversos projetos relevante para a completa definição do trabalho a realizar.

A forma de execução, parâmetros dimensionais, materiais a empregar, métodos construtivos e equipamentos a utilizar, são as principais informações a incluir nos desenhos de preparação.

### **4.2.      Peças desenhadas típicas de preparação de obra**

No decurso deste trabalho foi compilado um conjunto de desenhos típicos de preparação de uma obra, relativos a empreitadas de execução de edifícios:

Serão anexos a este relatório os seguintes desenhos típicos de preparação de obra:

#### **BETÃO ARMADO**

- Planta de fundações - Implantação com coordenadas topográficas (anexo 2)
- Plantas fundações com implantação dos elementos verticais (anexo 3)
- Planta de fundações com eixos de implantação (anexo 4)
- Planta de eixos dos pisos superiores (anexo 5)
- Planta de negativos das lajes (anexo 6)
- Planta de cofragem de laje aligeirada - Conjunto (anexo 7)
- Planta de cofragem de laje aligeirada – Vigas “Alsina” (anexo 7.1)



- Planta de cofragem de laje aligeirada – Fundos de vigas (anexo 7.2)
- Planta de cofragem de laje aligeirada – Vigas “Doka” (anexo 7.3)
- Planta de cofragem de laje aligeirada – Painéis “Alsina” (anexo 7.4)
- Planta de cofragem de laje aligeirada – Vigas de madeira (anexo 7.5)
- Planta de cofragem de laje aligeirada – Cofragem tradicional (anexo 7.6)
- Pormenorização da caixa de escadas – (anexo 8)
- Pormenorização de reservatório enterrado – (anexo 9)
- Pormenorização das rampas de acesso às caves – (anexo 10)

### ALVENARIAS

- Planta de alvenarias – Piso tipo (anexo 11)
- Pormenorização das alvenarias da caixa de escadas (anexo 12)

### ESPECIALIDADES

- Planta de compatibilização de especialidades (anexo 13)
- Planta de redes enterradas (anexo 14)
- *Layout* tipo de espaços técnicos (anexo 15)
- *Layout* tipo de espaços de serviço (anexo 16)

### DIVERSOS

- Planta e pormenorização de coberturas (anexo 17)

## Capítulo 5 - Teste do Modelo BIM, na obtenção da informação necessária ao desenvolvimento dos trabalhos



## **Capítulo 5.      Teste do Modelo BIM, na obtenção da informação necessária ao desenvolvimento dos trabalhos**

### **5.1.      Estudo do projeto da obra**

Com a finalidade de identificar as peças desenhadas de preparação e apoio à execução dos trabalhos, específicas para a obra em estudo, foi realizada uma análise aprofundada das peças escritas e desenhadas de projeto disponíveis em suporte informático, com especial atenção às peças que definem os acabamentos das fachadas exteriores e dos espaços interiores.

Estes dois fatores revelaram-se, como se verá mais à frente, preponderantes na compreensão da filosofia do projeto.

As diferentes utilizações dos espaços que o volume encerra, ajudam a entender a razão de determinados pormenores de projeto, fundamentais para a identificação da informação necessária a correta execução dos trabalhos.

O estudo primário do projeto teve início com a análise conjugada dos projetos de arquitetura e de estruturas de betão armado. Esta primeira abordagem tem importância do ponto de vista da assimilação da volumetria, compartimentação geral e contexto dos diferentes espaços do edifício, assim como o seu enquadramento com a solução de betão estrutural preconizada. Desta maneira foi possível perceber a razão da adoção de determinadas opções de projeto identificadas e enquadradas mais à frente.

#### **5.1.1.   Projeto de arquitetura**

Os paramentos exteriores do edifício, no que respeita aos acabamentos previstos, pretendem seguir a mesma linha do edifício existente. Com recurso à visualização exterior

do edifício existente, foi possível assimilar mais rapidamente os desenhos de fachada do novo edifício e perceber claramente como se iriam desenvolver.

O conjunto de peças desenhadas de arquitetura é composto por:

- Plantas de pavimentos
- Plantas de tetos
- Perfis (inclui cortes e alçados)
- Cortes de fachada
- Pormenores de serralharias e grelhas
- Pormenores de mobiliário fixo
- Pormenores de sanitários
- Mapa de vãos exteriores
- Mapa de vãos interiores
- Mapa de acabamentos interiores
- Mapa de acabamentos exteriores
- Plantas de acabamentos de pavimentos
- Plantas de acabamentos de paredes
- Plantas de acabamentos de tetos

Estas peças desenhadas foram o principal alvo do estudo aprofundado do projeto de arquitetura. A comparação dos pormenores, cortes de fachada, com os seus locais nas fachadas e plantas permitiu identificar os diferentes acabamentos previstos e a forma como se conjugam.

Nas plantas de tetos estão assinalados alguns dos equipamentos a instalar, como armaduras de iluminação, difusores e alçapões de acesso. Nos desenhos de preparação a elaborar a partir do modelo, seria importante o reflexo das localizações compatibilizadas

destes equipamentos com os das restantes especialidades, equipamentos de deteção de incêndio, grelhas de ventilação, sinalizadores, entre outros.

Estão previstos tetos metálicos e perfurados que respeitarão uma determinada estereotomia. Os equipamentos atrás descritos devem, nestes casos, ser coordenados com a estereotomia adotada.

Nos ductos verticais representados nas plantas de arquitetura estão assinaladas condutas de ventilação e outras tubagens de ligação entre pisos. Na modelação das especialidades será aferida a suficiência de espaço nesses ductos para atravessamento das tubagens e condutas previstas. Uma vez que serão ocupados por várias especialidades, os elementos de preparação de obra relativos a estas áreas técnicas devem refletir a organização do espaço disponível para acomodar as diversas especialidades convenientemente compatibilizadas.

O acabamento superficial das fachadas é em grande parte constituído por betão branco betonado “*in situ*”, placas de betão branco pré-moldado e envidraçados ou zona grelhadas que completam as restantes áreas.

As coberturas das alas do edifício são planas, acessíveis e revestidas a lajetas de betão. Grande parte da área da cobertura será ocupada como área técnica para instalação de condutas e equipamentos de aquecimento, ventilação e ar condicionado. Para instalação dos equipamentos previstos serão necessários muros de apoio, a definir em desenho próprio de preparação de obra. O revestimento superior das palas de fachada, que representam uma pequena área relativamente à área total do edifício, será em chapa de zinco no sistema “camarinha”.

Na modelação do edifício, não está prevista a incorporação do mobiliário fixo, pois tornaria bastante mais moroso o trabalho de conceção do modelo, cujo nível acrescido de detalhe

não implicaria uma mais-valia significativa, que justificasse o dispêndio de tempo e recursos na sua modelação.

Os desenhos de pormenor das instalações sanitárias, incluem a estereotomia das paredes a revestir com azulejo cerâmico. Em fase de preparação estes desenhos deverão ser complementados com cotas dos diferentes níveis dos tetos falsos, que condicionam a altura de parede a revestir em cada zona. Podem ser também utilizados para a localização dos pontos de água e esgotos a realizar em cada parede, coordenados com as peças sanitárias aí já representadas. Uma vez que o trabalho de assentamento de cerâmicos em paredes e pavimentos será previsivelmente realizado pela mesma equipa de trabalho, nestes desenhos de preparação devem ser incluídas também as plantas de pavimentos com a respetiva estereotomia (nos casos em que são revestidos a material cerâmico), localização de equipamentos, tubagens e outros acessórios de drenagem.

As bancadas de lavatórios devem merecer uma preparação específica, uma vez que esses elementos serão alvo de pré-fabricação. São previstas em estrutura metálica com revestimento a painéis de resinas fenólicas.

Um elevado número de paredes interiores estão preconizadas em painéis de gesso cartonado, assim como certas paredes em bloco são também revestidas com este material.

Como previsivelmente estes trabalhos, paredes e revestimentos em gesso cartonado, serão realizados por equipas especializadas, será conveniente definir o âmbito dos trabalhos inerentes a esta subempreitada em desenhos de preparação específicos com a sua definição. Serão peças independentes das plantas genéricas de execução de alvenarias.

A maioria dos pavimentos interiores dos pisos superiores são em materiais laminares contínuos, como manta vinílica, que dispensam a definição de estereotomia. No entanto

existem outras áreas que carecem de uma caracterização mais específica, como as revestidas com materiais pétreos (escadas e patamares), placas cerâmicas ou madeira.

Dos acabamentos de paredes previstos, a identificar nas plantas de preparação, destacam-se o estuque projetado e o gesso cartonado, que revestem as maiores áreas. O projeto de arquitetura inclui plantas que identificam graficamente os revestimentos previstos nas diversas paredes, com recurso a linhas espessas de diferentes cores. Existem casos específicos de revestimentos, nomeadamente de madeira e aglomerado de madeira-cimento, que serão alvo de uma definição mais pormenorizada, tendo em conta a sua descontinuidade e a necessidade de definir a localização das juntas visíveis.

#### **5.1.2. Projeto de estruturas de betão armado**

O projeto de estruturas, como já referido, preconiza uma estrutura de lajes maciças fungiformes, apoiadas em paredes e pilares de betão armado.

Genericamente o projeto é constituído pelas seguintes peças desenhadas:

- Plantas de fundações, pavimento térreo e dos diferentes pisos – definição geométrica
- Armaduras das fundações
- Pormenorização de reservatórios
- Pormenores de muros de suporte
- Pormenores de rampas
- Pormenores de paredes
- Quadros de pilares
- Pormenores das caixas de escada e elevadores
- Armaduras das lajes



- Pormenores das vigas
- Pormenores diversos

Nas fundações revela-se uma evidente preocupação com a impermeabilização do seu leito. De uma forma geral os diversos elementos pontuais de fundação são interligados por uma laje maciça que abrange toda a área do edifício. A betonagem de todos os elementos de fundação é precedida pela colocação de um sistema de impermeabilização. Sobre este conjunto de betão armado é então preconizado o pavimento térreo do edifício.

A planta de fundações é acompanhada de detalhes de ligação entre as diferentes peças com a identificação das suas dimensões em planta e respetivas cotas altimétricas.

As plantas de definição geométrica das lajes maciças são acompanhadas na mesma folha, por um conjunto exaustivo de pormenores construtivos, procurando caracterizar a ligação das diferentes peças de betão, desníveis, muretes e outros elementos acessórios, nomeadamente a localização de elementos de betão branco a betonar *in situ* e a sua ligação com os elementos de betão cinzento. A estes elementos é dada particular atenção, com pormenores mais detalhados, o que se justifica por serem elementos cujas superfícies permanecerão como acabamento final.

Para as peças betonadas com betão branco, realizadas em segunda fase, é necessária cofragem apropriada para as faces que ficarão aparentes. O estudo dessa cofragem carece de atenção especial, pois são diversos e distintos os pormenores a executar, que carecem de cofragem específica para cada um deles.

Os pormenores de betão armado das cisternas de água potável e reserva de incêndio contemplam algumas formas nas peças de betão que beneficiam a drenagem e o funcionamento previsto para os reservatórios. Faltam no entanto prever dispositivos para

atravessamento das paredes com vista à instalação das condutas de abastecimento e dispositivos de captação e drenagem, que devem já ficar embebidos nos locais preconizados. O complemento destes pormenores com a informação coordenada dos projetos de drenagem e abastecimento de água revela-se fundamental.

Os muros de suporte da periferia dos pisos enterrados são em betão armado cinzento, mas as partes visíveis desses muros, nomeadamente na zona das rampas de acesso, são previstas em betão branco aparente. Estes muros, à semelhança de outras paredes de suporte no interior do edifício, terão na sua superfície final um conjunto de juntas perceptíveis, devidas às linhas de separação dos painéis de cofragem.

Não estando definidas estas juntas no projeto de arquitetura, será necessário um estudo da sua modulação, tendo em conta as dimensões *standard* dos painéis de cofragem disponíveis. Nos alçados das áreas em betão branco é então estudada a estereotomia da cofragem e a localização dos pontos de ancoragem que ficarão visíveis nos diversos painéis.

Para a elaboração dos desenhos de preparação das rampas de acesso, cortes semelhantes aos de projeto, acrescidos da informação para execução da superfície da cofragem, serão suficientes. No entanto, no caso concreto da rampa com desenvolvimento circular, a lâmina de betão que a materializará não tem um desenvolvimento plano. A superfície curva terá que ser definida à custa de linhas radiais de nível, convenientemente implantadas, com a indicação de cotas altimétricas referidas à linha de arranque, à semelhança do desenho tipo apresentado no anexo 10.

Para a pormenorização das escadas das zonas nucleares dos acessos verticais, os desenhos de preparação têm que refletir as diferenças de espessura previstas entre os acabamentos da escada e os acabamentos dos pisos que lhe dão acesso. O desfasamento entre a altura

do primeiro e do último degrau da escada reflete a diferença entre os acabamentos previstos, como mostra o esquema da figura 16.

### 5.1.3. Desenhos de preparação de obra a extrair experimentalmente do modelo

Com base na análise dos projetos de arquitetura e estruturas, foi elaborada uma lista de desenhos de preparação que se vislumbram necessários para apoio e suporte à execução dos trabalhos de betão armado, alvenarias e acabamentos. Posteriormente será testada a obtenção dos desenhos descritos a partir do modelo BIM.

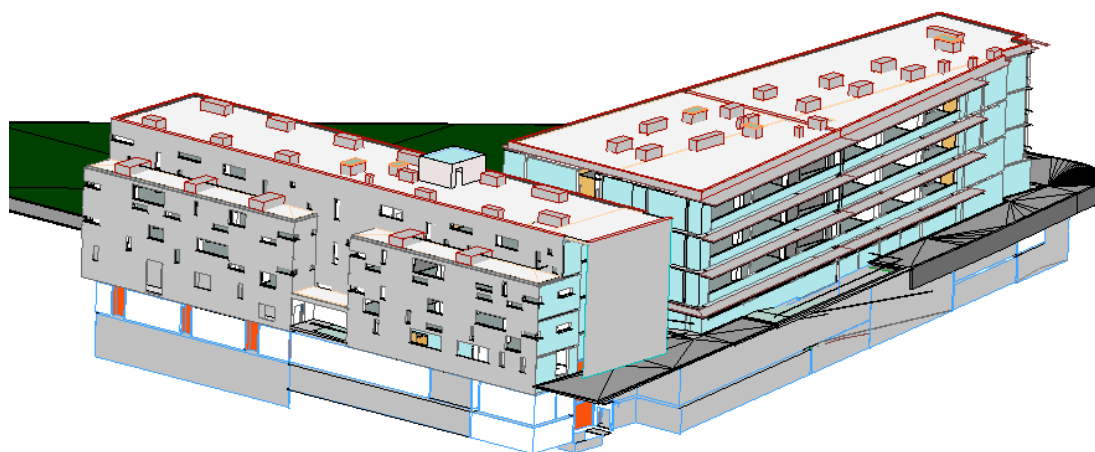


Figura 21 - Imagem 3D do modelo de arquitetura do edifício [Fonte: Mota-Engil]

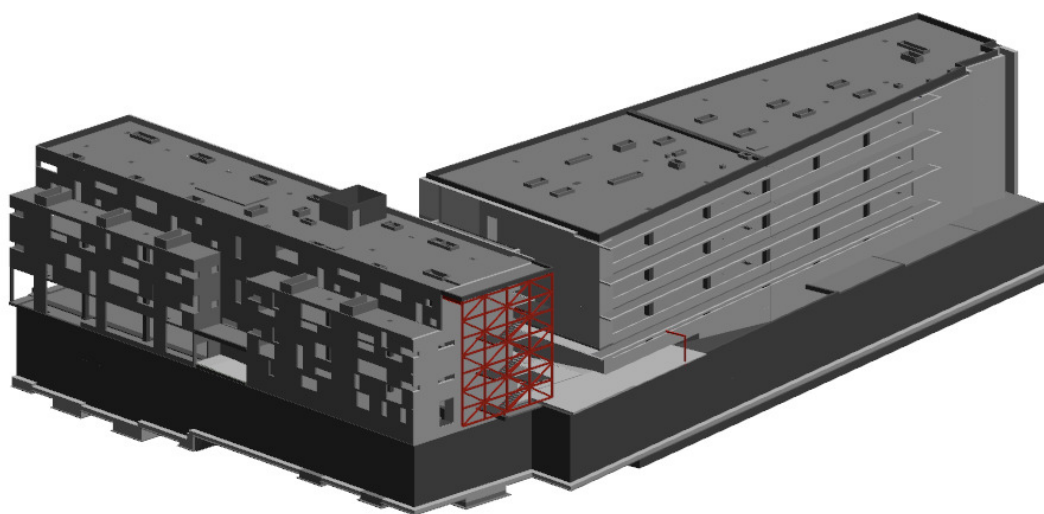
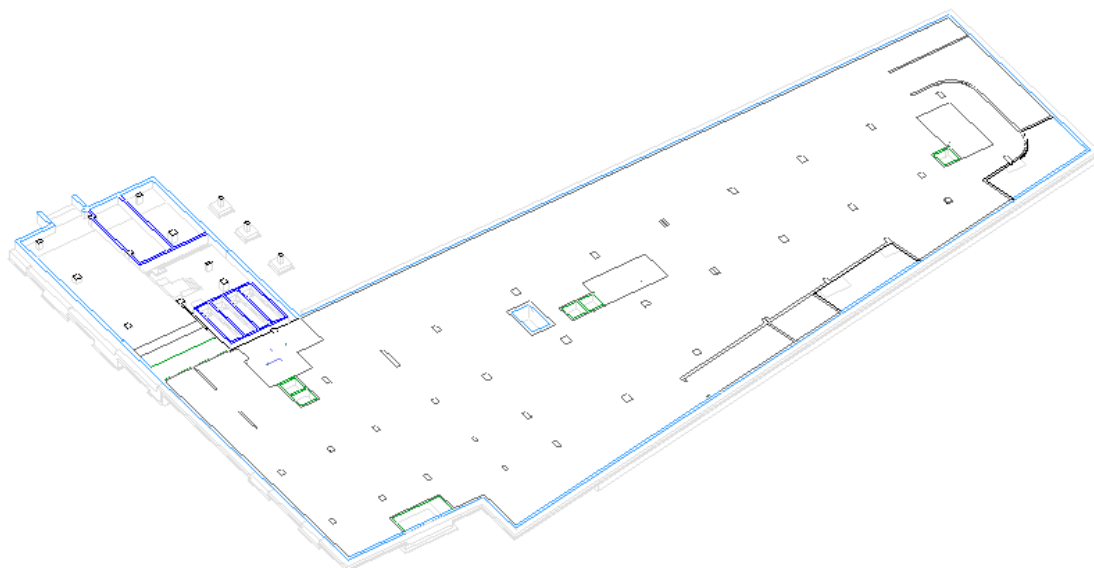


Figura 22 - Imagem 3D do modelo de estrutura do edifício [Fonte: Mota-Engil]

### 5.1.3.1. Desenhos de preparação de obra das fundações do edifício.

Para a execução das fundações preconizam-se os desenhos de preparação constantes o quadro seguinte.



**Figura 23 – Imagem 3D do modelo das fundações do edifício [Fonte: Mota-Engil]**

**Quadro 19 - Desenhos de preparação das fundações do edifício**

Fase	Peça Desenhada	Descrição genérica do conteúdo
<b>Fundações</b>	Planta de Base das Fundações	Planta de fundações com a indicação de cotas altimétricas de escavação para os diferentes elementos estruturais (sapatas, lintéis, lajes, poços, etc.), com as dimensões e localização dos limites de escavação.
	Planta de Eixos	Planta de fundações com a indicação das cotas dos eixos principais e localização dos demais elementos a ter em conta na execução das fundações (negativos, tubagens embebidas, redes de terras, arranque de escadas ou rampas, poços, caixas e atravessamentos, entre outros)
	Planta de Redes Enterradas	Planta de fundações com a sobreposição das redes enterradas, localização das caixas e outros elementos, cotas altimétricas e a sua relação com os elementos estruturais da envolvente.

### 5.1.3.2. Desenhos de preparação da estrutura elevada.

Para a estrutura elevada, tendo em conta as particularidades já evidenciadas, serão produzidas as seguintes peças desenhadas.

**Quadro 20 - Desenhos de preparação da estrutura elevada**

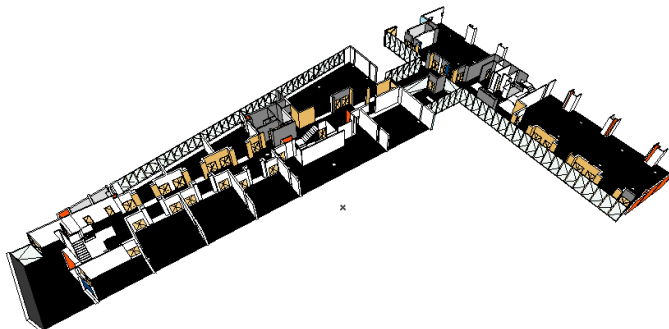
Fase	Peça Desenhada	Descrição genérica do conteúdo
<b>Estrutura em elevação</b>	Plantas Estruturais	Plantas dos diferentes pisos com a indicação dos eixos de implantação, dimensão dos pilares, muros, paredes, muretes e capitéis, implantação cotada de negativos, pormenores de muretes, palas ou outros elementos a ter em conta, quer para execução da respetiva cofragem quer para deixar os arranques necessários à betonagem posterior. Cotas altimétricas de todos os elementos e indicação de eventuais instalações a embeber.
	Alçados de muros ou paredes	Alçados de muros ou paredes onde estejam previstos negativos para especialidades ou vãos, indicando o seu posicionamento relativo, tendo em conta as folgas necessárias aos acabamentos finais ou à instalação dos vãos.
	Estereotomia de cofragens	Alçados dos muros em betão aparente com a representação da estereotomia dos painéis de cofragem a implementar.
	Pormenores de rampas	Plantas e cortes com a indicação das cotas planimétricas e altimétricas necessárias à execução da cofragem, com especial ênfase para as zonas curvas dessas rampas.
	Pormenores de cofragens	Cortes e plantas das caixas de escada nos diferentes níveis, com indicação das cotas planimétricas e altimétricas necessárias à execução da cofragem das escadas.

### 5.1.3.3. Desenhos de preparação de paredes e alvenarias.

Para apoio à execução de paredes, alvenarias e outros trabalhos a realizar nesta fase, serão extraídos do modelo os seguintes desenhos.

**Quadro 21 - Desenhos de preparação de paredes e alvenarias**

Fase	Peça Desenhada	Descrição genérica do conteúdo
<b>Paredes e alvenarias</b>	Planta de pendentes do pavimento térreo	Planta com a indicação das pendentes do pavimento térreo e respectivas cotas altimétricas, com implantação de grelhas e outros dispositivos de drenagem.
	Planta de juntas do pavimento térreo	Planta do pavimento térreo com a indicação das juntas de separação, sua localização cotada e pormenor de execução.
	Plantas de alvenarias	Plantas dos diferentes pisos com a implantação cotada das alvenarias de tijolo ou bloco, com a indicação da espessura e constituição. Dimensões dos vãos em tosco e seu posicionamento altimétrico (cotas de padieiras e peitoris em tosco). Indicação de outras características de assentamento, como a ancoragem aos elementos estruturais, elementos resilientes de apoio e criação de juntas de trabalho, isolamento acústico ou outros. Definição de eventuais reforços a incorporar (padieiras, ombreiras, peitoris ou outros)
	Estereotomia de painéis de fachada	Alçados com a estereotomia dos painéis pré-fabricados de fachada, com a caracterização das ancoragens e sua relação com os elementos estruturais e revestimentos envolventes.



**Figura 24 - Vista 3D - Alvenarias do 2º Piso [Fonte: Mota-Engil]**

#### 5.1.3.4. Desenhos de preparação de apoio à execução dos acabamentos.

Para a definição dos acabamentos previstos, preconizam-se como necessários as peças desenhadas abaixo designadas e com o conteúdo genérico indicado.

**Quadro 22 - Desenhos de preparação de acabamentos**

Fase	Peça Desenhada	Descrição genérica do conteúdo
<b>Acabamentos</b>	Acabamento de paredes	Planta com a indicação dos diferentes acabamentos finais a realizar nas paredes, sua constituição e particularidades específicas a ter em conta, como a altura do acabamento, modo de aplicação, reforços para aplicação de equipamentos e ligação aos revestimentos da envolvente.
	Alçados de paredes	Alçados das paredes que incorporem equipamentos de manobra ou outros, com a sua localização de instalação.
	Estereotomia de painéis de madeira	Alçados com a estereotomia dos revestimentos de madeira, indicação das especificidades de montagem e pormenores de ligação com os revestimentos da envolvente.
	Estereotomia do revestimento com painéis madeira-cimento do tipo VIROC	Alçados com a estereotomia dos revestimentos em painéis madeira-cimento e indicação das especificidades de montagem e pormenores de ligação com os revestimentos da envolvente.
	Acabamento de tetos	Plantas com a indicação dos diferentes tipos de tetos e respetivas cotas altimétricas de instalação.
	Estereotomia de tetos falsos	Plantas com a estereotomia dos tetos falsos e localização dos equipamentos fixos e móveis (por ex. alçapões) a instalar. (Tetos em VIROC, gesso cartonado perfurado, painéis de madeira)
	Acabamento de pavimentos	Plantas com a indicação dos diferentes tipos de acabamentos previstos, sua constituição, detalhes de assentamento e ligação com os revestimentos e paredes envolventes.

**Quadro 22 - Desenhos de preparação de acabamentos (continuação)**

Fase	Peça Desenhada	Descrição genérica do conteúdo
<b>Acabamentos</b>	Pormenores de cantarias	Desenhos com a pormenorização de cantarias (peitoris e soleiras) com a caracterização do tipo de material, acabamentos superficiais, dimensões e quantidades.
	Plantas de cantarias	Plantas com a indicação dos locais de assentamento das cantarias previstas.
	Revestimento de escadas	Estereotomia do revestimento das escadas, pormenorização de degraus (espelhos, cobertores e rodapé), caracterizando tipo de material, acabamentos superficiais, dimensões e quantidades necessárias.
	Plantas de coberturas	Planta com o estabelecimento das pendentes a executar nas coberturas, com a localização dos dispositivos de descarga e indicação das cotas altimétricas a garantir nos pontos notáveis.

#### 5.1.3.5. Desenhos de preparação de obra de elementos diversos.

Existem outras partes da obra cuja pormenorização e atualização com a informação necessária ao seu fabrico, torna-se evidente, sendo então produzidos as seguintes peças específicas.

**Quadro 23 - Desenhos de preparação de elementos diversos**

Fase	Peça Desenhada	Descrição genérica do conteúdo
<b>Diversos</b>	Reservatórios de Abastecimento	Pormenorização detalhada dos reservatórios de abastecimento, tendo em vista a sua execução em betão armado. Localização de passa-muros, pendentes, detalhes de drenagem e acabamento.



**Quadro 23 - Desenhos de preparação de elementos diversos (continuação)**

Fase	Peça Desenhada	Descrição genérica do conteúdo
<b>Diversos</b>	Separador de hidrocarbonetos e poço de bombagem	Pormenorização dos depósitos enterrados, tendo em vista a sua execução em betão armado. Localização de passa-muros, pendentes, detalhes de drenagem e acabamento.
	Lajes de inércia e apoio do espaço técnico na cobertura	Localização e caracterização das lajes de inércia e de apoio do espaço técnico da cobertura, maciços para apoio de condutas e equipamentos e instalar na cobertura, incluindo pormenorização e localização de plintos.

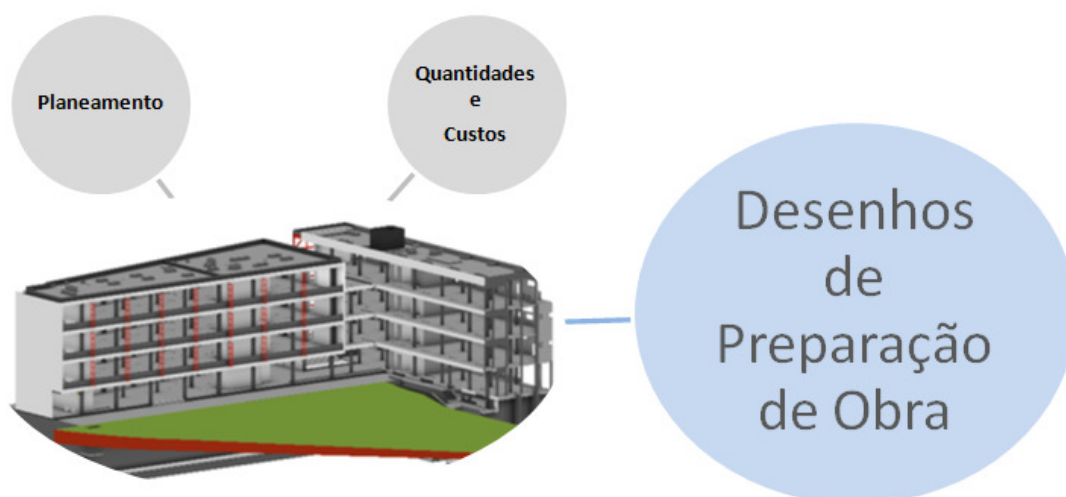
## Capítulo 6 – Análise de Resultados



## Capítulo 6. Análise de resultados

O *ArchiCAD* é a plataforma de modelação utilizada pela Mota-Engil. Este *software* tem características próprias de modelação, baseada nos objetos pré-definidos.

No decurso da extração de desenhos 2D a partir do modelo, foram encontradas algumas dificuldades, nomeadamente no que respeita a extração de toda a informação identificada como necessária para a mesma peça desenhada 2D. Para esse efeito foi necessário criar e seleccionar em cada caso a conjugação de vegetais mais adequada à obtenção da informação pretendida para cada peça.



**Figura 25 - Extração de informação do modelo [Fonte: Mota-Engil]**

As vistas que darão origem aos desenhos de preparação podem ser criadas a partir das plantas dos diferentes pisos do modelo, de secções ou alçados previamente definidos, de pormenores ou de perspetivas 3D, organizados no [mapa de projeto].

Estas vistas, criadas no [mapa de vistas] podem ser complementadas com informação em 2D, como sejam linhas, formas, cotas, legendas ou rótulos, texto e tramas.

A organização destas vistas em *layouts*, criados no [mapa de layouts] dará origem aos desenhos de preparação de obra que se pretendem produzir, organizados no [publicador].

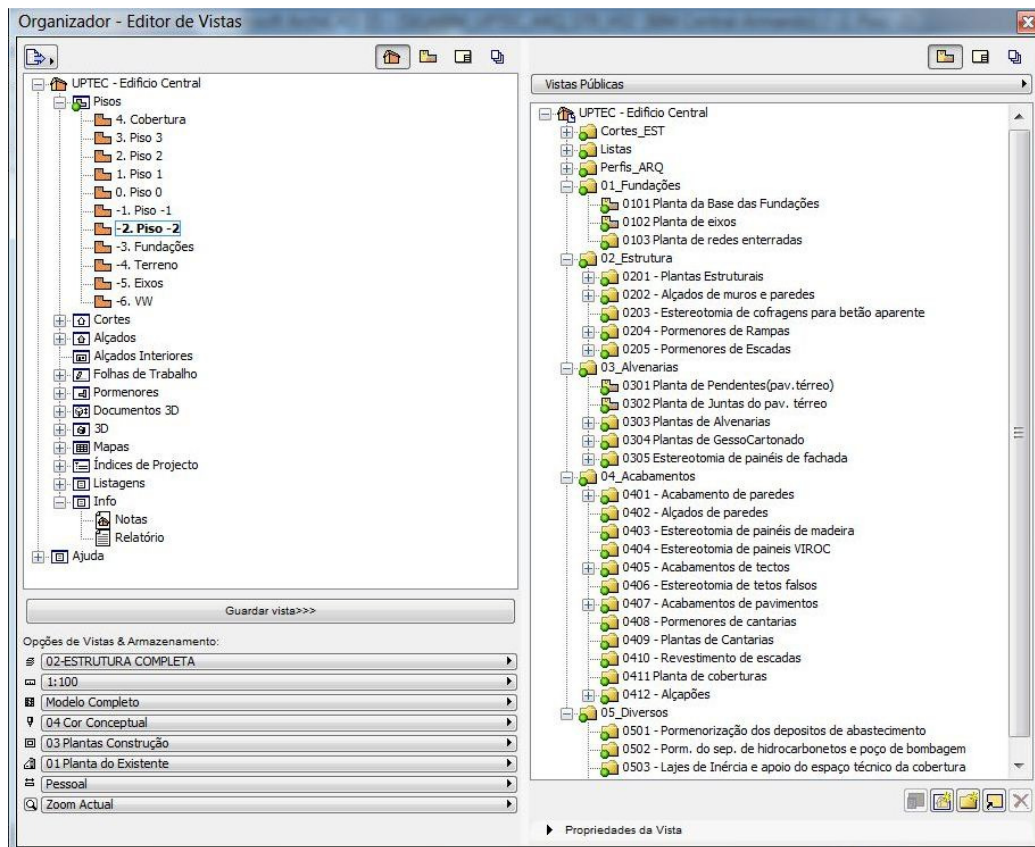


Figura 26 - *ArchiCAD* - Mapa de projeto e Mapa de vistas [Fonte: Mota-Engil]

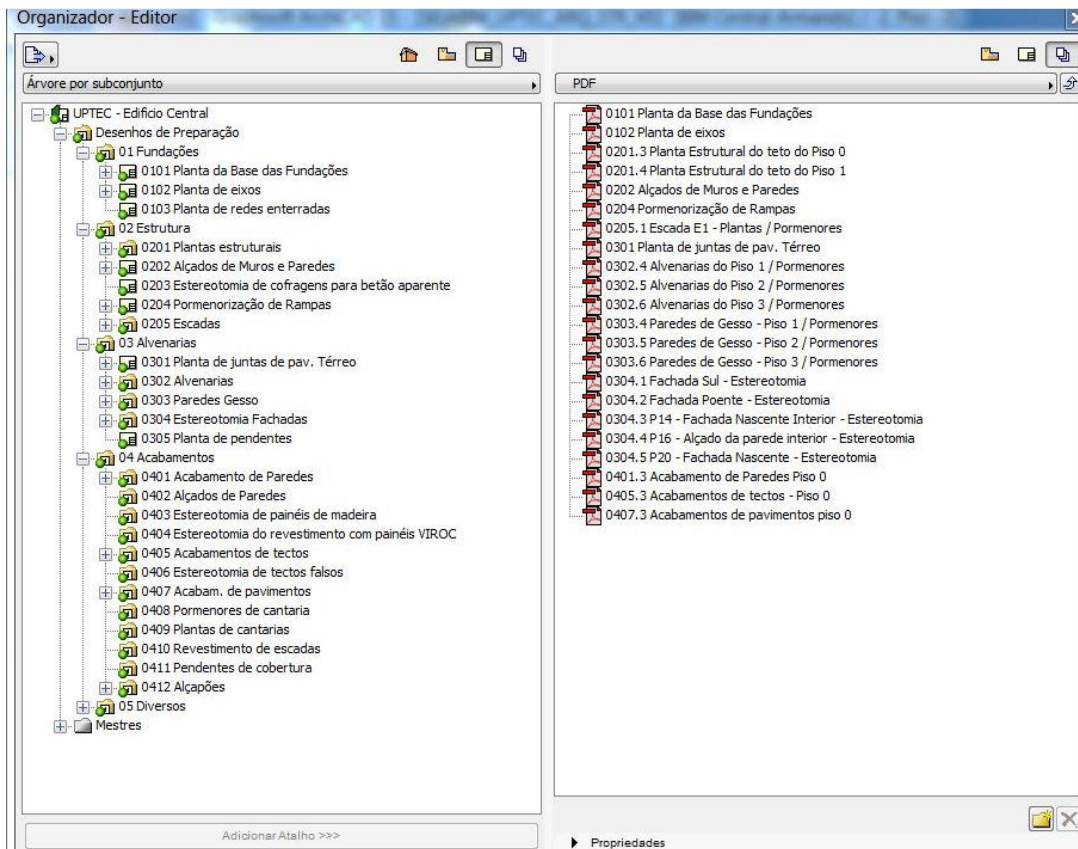


Figura 27 - *ArchiCAD* - Mapa de Layouts e Publicador [Fonte: Mota-Engil]

### 6.1. Extração e compilação de desenhos relativos à execução das fundações

No decurso da extração e compilação das vistas do modelo para elaboração dos desenhos de preparação identificados em 5.1.3.1 adotaram-se procedimentos específicos para adição da informação a incorporar em cada peça desenhada. No quadro seguinte é feita a descrição dos aspetos relevantes decorrentes dos procedimentos adotados.

**Quadro 24 - Síntese da extração dos desenhos de preparação relativos à fase das fundações**

Peça Desenhada	Descrição genérica do procedimento	Observações Análise de resultados
Planta de Base das Fundações (Desenho nº 0101)	Foi utilizada a modelação do betão de limpeza dos diferentes elementos estruturais das fundações. A escavação será realizada pela sua base e limite exterior que já inclui uma sobrelargura relativamente às sapatas. Selecionados os vegetais foi criada uma combinação específica para esta planta. Foi complementada com um rótulo relativo à cota da base do betão de limpeza e dimensões em planta dos diferentes elementos de fundação, assim como o seu posicionamento relativamente aos eixos de implantação.	Esta planta é de obtenção relativamente simples a partir do modelo concebido com este nível de detalhe.
Planta de Eixos (Desenho nº 0102)	A planta foi composta pelos elementos estruturais ao nível das fundações, incluindo o arranque de pilares, muros, paredes, escadas e rampas inseridos na combinação de vegetais referente a este desenho. Na vista 2D foram desenhados e designados os eixos definidos em projeto, as cotas relativas e as dimensões das peças a betonar ao nível das fundações.	As peças de betão que constituem as fundações do edifício, estão separadas em vegetais de acordo com os artigos do orçamento. Desta forma facilmente são ligados os vegetais correspondentes às peças que se pretendem visíveis em planta e adicionada a restante informação à vista 2D sob a forma de linhas, cotas, rótulos e texto.

**Quadro 24 - Síntese da extração dos desenhos de preparação relativos à fase das fundações (cont.)**

Peça Desenhada	Descrição genérica do procedimento	Observações Análise de resultados
Planta de Redes Enterradas (Des. n.º 0103)	Ao nível das fundações os troços enterrados são inseridos em canal previsto na laje de fundo e referem-se ao encaminhamento das águas para o separador de hidrocarbonetos. As redes exteriores de drenagem de esgotos e águas pluviais serão integrados numa peça desenhada, após a modelação das especialidades.	Apesar de ainda não estarem modeladas as especialidades não se prevê dificuldade na obtenção das plantas de execução destas redes a partir do modelo.

## 6.2. Extração e compilação de desenhos relativos à execução da estrutura elevada

O modelo estrutural está modelado tendo em conta a designação e representação dos pisos de acordo com o projeto da especialidade. Desta forma, na planta de determinado piso do modelo completo é representada a planta modelo estrutural referente ao teto desse piso. No quadro 25 é feita uma síntese do processo de extração das peças desenhadas relativas à estrutura elevada do edifício, identificadas em 5.1.3.2.

**Quadro 25 – Síntese da extração dos desenhos de preparação relativos à fase da estrutura elevada**

Peça Desenhada	Descrição genérica do procedimento	Observações Análise de resultados
Plantas Estruturais (Des. n.º 0201.3) (Des. n.º 0201.4)	Foi selecionada a conjugação de vegetais relativa à modelação da estrutura e extraídas as vistas das plantas estruturais de cada piso. Nestas foram ligados os rótulos dos elementos estruturais que compõem o piso (pilares, paredes, vigas e escadas). Nas plantas do modelo foram efetuados	Informação adicionada nas vistas 2D das plantas e cortes: -Eixos de implantação. -Esquema gráfico de indicação de negativos. -Cotas de implantação dos negativos. -Cotas de implantação de vigas.

**Quadro 25 – Síntese da extração dos desenhos de preparação relativos à fase da estrutura elevada (continuação)**

Peça Desenhada	Descrição genérica do procedimento	Observações Análise de resultados
	cortes para pormenorizar zonas específicas a incluir no layout de cada planta estrutural.	<p>-Cotas altimétricas e planimétricas nos cortes.</p> <p>- Rótulos das vigas nos cortes.</p> <p>-Trama nos cortes para melhor diferenciação dos elementos em betão branco a betonar <i>in situ</i>.</p> <p>Nas vistas das plantas seria conveniente adicionar a dimensão das secções transversais das vigas para melhor suporte da execução das cofragens.</p> <p>Seria conveniente representar a alteração de secção dos pilares nos pisos.</p>
Alçados de muros ou paredes (Des. n° 0202)	Foram criadas vistas dos alçados dos muros e paredes das caves.	A geometria das faces é obtida do modelo 3D com elevado rigor, o que permite posicionar nessas vistas os negativos a instalar assim como fazer estudos rigorosos dos painéis de cofragem a utilizar.
Estereotomia de cofragens (Des. n° 0304.1) (Des. n° 0304.3) (Des. n° 0304.4) (Des. n° 0304.5)	Foram criadas a partir do modelo vistas dos diferentes alçados. Nestas vistas as superfícies de betão branco aparente aparecem apenas com a representação dos seus limites, tal como nos alçados de projeto. As juntas de cofragem que surgirão nestas superfícies carecem de um estudo preliminar.	<p>A estereotomia da cofragem das paredes exteriores em betão branco aparente está indicada nos alçados.</p> <p>A modulação é estabelecida nas vistas 2D criadas a partir do modelo com o acréscimo da seguinte informação gráfica:</p> <p>-linhas de contorno dos diferentes painéis.</p>



**Quadro 25 – Síntese da extração dos desenhos de preparação relativos à fase da estrutura elevada (continuação)**

Peça Desenhada	Descrição genérica do procedimento	Observações Análise de resultados
Pormenores de rampas (Des. n.º 0204)	Foram criadas vistas dos cortes transversais das rampas, obtidos a partir do modelo e assinalados nas respetivas plantas.	<p>-Dimensões dos painéis de cofragem.</p> <p>-Círculos indicativos dos locais de furação das ancoragens.</p> <p>A extração das vistas em alçado das superfícies de betão, garante o estudo rigoroso da modulação da cofragem.</p>
		<p>Nos cortes foi adicionada a seguinte informação gráfica:</p> <p>-Cotas altimétricas dos pontos notáveis.</p> <p>-Dimensões longitudinais dos diferentes troços.</p> <p>Como se pode verificar no desenho, no caso específico da rampa com desenvolvimento circular (Rampa 2), os cortes obtidos a partir do modelo não sustentam o rigor necessário. O desenho de preparação da cofragem desta rampa terá de ser elaborado integralmente em 2D, unicamente com o aproveitamento dos limites onde esta se insere, obtidos a partir do modelo.</p>
		<p>Nas plantas e cortes foi adicionada a seguinte informação gráfica:</p> <p>-Cotas altimétricas e planimétricas</p> <p>-Cotas das secções das peças estruturais.</p>

### **6.3. Extração e compilação de desenhos relativos à execução das alvenarias**

Para elaboração das plantas de alvenarias de cada piso, seria conveniente que estas fossem sustentadas pela planta estrutural do piso que lhe dá suporte. A visualização de negativos e outros elementos condicionantes do piso estrutural devem ser representados no respetivo piso.

As linhas que possam interessar representar, da planta estrutural do piso superior podem ser adicionadas nas respetivas vistas em 2D.

No decorrer do trabalho de organização da vista a criar de cada piso, foram sucessivamente selecionados vegetais com a informação relevante e atualizada a combinação criada para estas plantas.

Com a seleção da opção “núcleo” permitida pelo programa, as 169 paredes compostas que constituem o modelo, passaram a estar representadas pelo seu núcleo, ficando ocultos os revestimentos e outras camadas constituintes.

Verificaram-se alguns casos de camadas de revestimento estarem classificadas como núcleo, pelo que houve necessidade de corrigir essas classificações.

Todos os vãos interiores foram redimensionados para que as dimensões indicadas nas plantas e cortes incluíssem já as folgas de assentamento.

Na modelação, as alvenarias de tijolo foram representadas todas com a mesma cor, independentemente da sua espessura. Para diferenciação nas plantas, foi necessário alterar as cores representadas de acordo com a espessura de cada alvenaria.

O quadro 26 apresenta a síntese do processo de extração e compilação das plantas de execução de alvenarias e outros trabalhos desta fase, identificados em 5.1.3.3.

**Quadro 26 - Síntese da extração dos desenhos de preparação relativos à fase de alvenarias**

Peça Desenhada	Descrição genérica do procedimento	Observações Análise de resultados
Planta de pendentes do pavimento térreo	Esta planta é obtida a partir da vista do piso -2 do modelo de arquitetura.	No projeto não são definidas pendentes no pavimento térreo.  A sua indicação, caso necessária, consegue-se com a inclusão da seguinte informação em 2D:  -Cotas altimétricas dos pontos notáveis do pavimento.  -Indicação do sentido das pendentes.  - Indicação das diferenças de nível relativas.
Planta de juntas do pavimento térreo (Des. n.º 0301)	Esta planta é obtida a partir da vista do piso -2 do modelo de estrutura.	Na vista obtida foi acrescentada a seguinte informação:  -Linhas com a localização das juntas a criar no pavimento.  -Cotagem dos alinhamentos e pontos de mudança de direção.
Plantas de paredes de gesso e de alvenarias de tijolo e bloco (Des. n.º 0302.4) (Des. n.º 0302.5) (Des. n.º 0302.6) (Des. n.º 0303.4) (Des. n.º 0303.5) (Des. n.º 0303.6)	Foi criada a combinação de vegetais que agrega a informação do modelo a representar nas plantas. Foi verificada e ajustada as dimensões dos vãos e corrigida a classificação de alguns revestimentos que estavam atribuídos ao núcleo.	Informação adicionada às vistas 2D dos pisos:  -Eixos de implantação da estrutura.  -Cotas de implantação das paredes e respetivos vãos.  -Representação dos negativos das plantas estruturais.  -Cotas altimétricas e planimétricas nos cortes.  -Identificação dos níveis de limpo dos pisos, nos cortes.  -Legenda com a indicação do tipo de

**Quadro 26 - Síntese da extração dos desenhos de preparação relativos à fase de alvenarias (continuação)**

Peça Desenhada	Descrição genérica do procedimento	Observações Análise de resultados
		<p>parede, classificada pelas cores representadas em planta.</p> <p>Devido ao redimensionamento dos vãos para as dimensões de toco foi necessário reposicionar alguns devido a conflitos com as paredes vizinhas.</p>
<p>Estereotomia de painéis de fachada</p> <p>(Des. nº 0304.1)</p> <p>(Des. nº 0304.2)</p>	<p>Foram utilizadas as vistas 2D dos alçados do modelo. Foi desligada a opção de transparência dos vãos exteriores para não ser visualizado através dos vãos o interior do edifício.</p>	<p>Informação adicionada às vistas 2D dos alçados:</p> <p>-Linhas com a definição da modulação dos painéis de betão pré-moldado definida em projeto.</p> <p>-Cotas com a dimensão dos painéis.</p> <p>Verificam-se incompatibilidades entre o posicionamento de alguns vãos na fachada ponte do modelo, relativamente à estereotomia definida no projeto. Este desenho deve ser revisto para ajuste da estereotomia ou dos vãos de fachada.</p> <p>Nas vistas criadas a partir do modelo aparecem linhas relativas à interseção de diferentes objetos de modelação na superfície de fachada, estas linhas deviam ser ocultas uma vez que induzem uma incorreta interpretação do alçado e confundem a leitura da estereotomia.</p>

#### 6.4. Extração e compilação de desenhos relativos à execução dos acabamentos

De forma a tornar visíveis e identificáveis em planta as camadas de revestimento das paredes, foi utilizada inicialmente uma metodologia que por fim se constatou não ser a mais adequada. Consistia em criar vistas das plantas desligadas do modelo e manualmente triplicar as camadas de revestimento. Este método tornava de facto visíveis as camadas de revestimento mas por serem elaboradas completamente à parte do modelo impediria a sua atualização com a introdução de alterações no decorrer do empreendimento.

O método descrito no quadro 27 revelou-se o mais eficiente, com a utilização das ferramentas disponíveis no programa. Mantendo a possibilidade de atualizar a informação a partir do modelo, de forma completamente automática.

**Quadro 27- Síntese da extração dos desenhos de preparação relativos à fase de acabamentos**

Peça Desenhada	Descrição genérica do procedimento	Observações			
		Análise de resultados			
Acabamento de paredes (Des. n.º 0401.5)	Para que fossem visíveis apenas as camadas de revestimento das paredes em planta, as cores relativas ao núcleo foram alteradas na opção “canetas e cores” para branco. Este procedimento foi adotado para todas as paredes interiores visíveis em planta.  A partir da composição de cada parede foi identificada a referência relativa à cor de cada revestimento. Foi criada uma legenda com a indicação das cores dos revestimentos representadas em planta.	As	tramas	identificativas	dos revestimentos das paredes, em corte, representadas com a sua espessura real, não são visíveis nas plantas obtidas do modelo, à escala 1:100.  Para tornar visíveis os revestimentos preconizados foram traçadas polilinhas com 1.5 mm de espessura e a cor dos respetivos revestimentos a contornar as faces das paredes onde estes estavam previstos.
Alçados de paredes	Estes desenhos são obtidos a partir de secções de corte ou alçado, criadas a partir do	Esta	informação	pode ser	adicionada às vistas com linhas 2D ou pode estar

**Quadro 27 - Síntese da extração dos desenhos de preparação relativos à fase de acabamentos (continuação)**

Peça Desenhada	Descrição genérica do procedimento	Observações Análise de resultados
	modelo, com vistas dos alçados nos quais se pretendem representar e localizar equipamentos ou outra informação relevante.	já representada nas secções e alçados obtidos, após a modelação das especialidades.
Estereotomia de painéis de madeira e madeira-cimento.	Os painéis de madeira revestem de uma forma geral os corredores de circulação. Secções e alçados obtidos com a vista destas paredes permitem estudar e representar a estereotomia a implementar.	Após a modelação das especialidades pode ser incorporada nos alçados a localização coordenada de equipamentos de manobra e sinalização a instalar nessas áreas. Com o nível de detalhe do modelo, as vistas para elaboração destes desenhos é de obtenção direta.
Acabamento de tetos e respetivas estereotomias (Des. n° 0405.3)	Foi criada uma conjugação de vegetais que permite a representação dos tetos falsos nas plantas dos respetivos pisos, com as tramas que os caracterizam.	Utilizando as mesmas tramas que identificam os diferentes tetos em planta foi criada uma legenda com a identificação de cada tipo de teto. Nos <i>layout's</i> criados foram incorporados cortes com a constituição e cotas altimétricas dos tetos. Nas vistas das plantas foram acrescentadas linhas com a simulação da estereotomia dos tetos descontínuos.
Acabamento de pavimentos e respetivas estereotomias (Des. n° 0407.3)	Foi criada uma conjugação de vegetais que permite a representação dos tetos falsos nas plantas dos respetivos pisos, com as tramas que os caracterizam.	Utilizando as mesmas tramas que identificam os diferentes pavimentos em planta foi criada uma legenda com a identificação de cada tipo de pavimento. Nos <i>layout's</i> criados foram incorporados cortes com a constituição

**Quadro 27- Síntese da extração dos desenhos de preparação relativos à fase de acabamentos (continuação)**

Peça Desenhada	Descrição genérica do procedimento	Observações
		Análise de resultados
		e cotas altimétricas da superfície dos pavimentos. Nas vistas das plantas foram acrescentadas linhas com a simulação da estereotomia dos pavimentos descontínuos.
Pormenores e plantas de cantarias	No modelo foram incorporados objetos representativos de algumas soleiras e peitoris.	A pormenorização das peças de cantaria tem de ser elaborada em desenhos 2D, desligados do modelo. Podem ser no entanto elaborados dentro do próprio programa, em vistas específicas conjugadas com as plantas de localização das cantarias.
Plantas de coberturas	As coberturas do edifício estão modeladas com todas as camadas previstas.	É de simples extração do modelo a vista da planta de cobertura, onde é possível acrescentar informação em 2D, como cotas altimétricas e planimétricas com a definição das superfícies finais das diferentes camadas (camada de forma, betonilha de regularização, impermeabilização e lajetas. É possível obter diversas peças desenhadas para apoio à execução dos diferentes trabalhos.

### 6.5. Identificação de melhorias ao modelo

O objetivo principal do trabalho desenvolvido foi a identificação de eventuais melhorias no modo de conceção do modelo tridimensional, que possam ter impacto nos resultados de extração de peças desenhadas 2D.

No decurso do processo de extração das peças desenhadas constatou-se que com algumas alterações ao nível da modelação, é possível obter a informação para os desenhos de preparação de forma mais direta, mais segura, e melhorar a qualidade e a quantidade da informação compilada.

Foram identificadas as seguintes melhorias a implementar na conceção do modelo:

- Lajes estruturais modeladas nos respetivos pisos de arquitetura.

De modo a facilitar a obtenção de vistas mais conducentes com as necessidades de agrupamento da informação coordenada entre o modelo de estrutura e o modelo de arquitetura, seria conveniente modelar no mesmo piso do modelo as lajes estruturais que o suportam. Ou seja utilizando o mesmo método de visualização (vista para baixo) para a modelação dos dois projetos.

É possível através das funcionalidades do programa *ArchiCAD* combinar a vista de alguns elementos que compõem o piso acima e abaixo do piso ativo.

Com este método de modelação evitar-se-ia a eventual interpretação dúbia dos pisos designados nas peças desenhadas, uma vez que ambos teriam o mesmo modo de representação, sendo mais simples a sua identificação nas diferentes peças.

- Modelação dos vãos com a dimensão de tosco.

Para elaboração das plantas de alvenarias os vãos têm de estar inseridos nas paredes com a dimensão de projeto acrescida das folgas de assentamento necessárias.



Uma das formas de possibilitar a utilização dos mesmos vãos nas plantas de limpos e de toscos seria a criação de um conjunto de vãos no [*warehouse*] com a inclusão de um pré-aro com a espessura da folga de assentamento.

- Modelação por cores, dos diferentes tipos de alvenarias, distinguindo os materiais constituintes e as respetivas espessuras.

De forma a permitir diferenciar nas peças desenhadas as diferentes espessuras de alvenarias, as tramas e cores utilizadas devem distinguir o tipo de material constituinte e a espessura dos elementos de alvenaria previstos.

- Tratamento das superfícies de betão aparente para ocultar linhas não necessárias nas vistas 2D.

Uma das possibilidades para ocultar as linhas indesejadas na representação das superfícies de betão aparente, relativas à interseção ou descontinuidade do mesmo objeto de modelação é a criação de um revestimento adicional destas superfícies com espessura “nula” (alçados sul e nascente, anexos 32 e 36).

- Identificação dos compartimentos nas plantas de arquitetura, eventualmente com a introdução de um rótulo próprio no modelo.

Em algumas plantas de preparação de obra, é conveniente estarem designados os diferentes compartimentos. Seria conveniente integrar no modelo de arquitetura rótulos com a designação dos diferentes compartimentos, que poderiam ainda indicar outra informação, como a sua área.

- Listagem de tramas e cores identificativas dos diferentes materiais.

Seria importante haver a possibilidade de criar a partir do *software*, de uma forma expedita a identificação das tramas representativas dos diferentes materiais, cores e espessuras das linhas. Esta funcionalidade permitiria alocar legendas nas peças desenhadas de uma forma mais rápida e eficiente.

- Ocultação de linhas decorrentes da visualização do topo das placas pré-fabricadas do revestimento da fachada.

Os topos das placas de betão pré-moldado dos cantos do edifício levam à visualização de linhas adicionais nestas zonas, que não fazem parte da estereotomia prevista. Esta situação deixa de ocorrer se as peças que se intersejam no canto do edifício forem modeladas com esse topo a 45 graus. (verifica-se na intersecção das fachadas sul e poente)

- Rótulos com a identificação e dimensão das vigas nas plantas estruturais e respetivos pormenores.

Nas plantas estruturais estão indicados os rótulos de alguns elementos estruturais, como pilares e paredes e vigas. Seria conveniente indicar em planta também as dimensões da secção transversal das vigas e pilares.

- Indicação da alteração de secção dos elementos estruturais verticais nas plantas de cada piso.

Para uma melhor interpretação do posicionamento dos elementos estruturais verticais em cada piso, a secção com que atingem esse piso e nele se apoiam, deve ser indicada em planta. Faz parte dos trabalhos a realizar no âmbito da definição da planta estrutural, a redução da secção dos pilares antes da betonagem da respetiva laje.

- Modelação dos diferentes revestimentos com cores diferentes.

No modelo deve ser garantido que as tramas e cores representativas dos diferentes revestimentos, em corte e em vista, não sejam repetidas ou de aparência semelhante, de modo a evitar interpretações erróneas dos revestimentos previstos.

- Introdução do conceito de revisão e verificação do modelo durante as atividades do *BIM Manager*, em obra.

Na concepção inicial do modelo, determinados detalhes importantes para os elementos de preparação de obra, podem não ter o rigor desejado, uma vez que para outras atividades de controle e gestão de obra, como o planejamento e a extração de quantidades, esse rigor não é relevante. Na atividade de extração das peças desenhadas, devem ser feitas verificações de consistência da informação extraída.

Com base na experiência em execução de obra que um *BIM Manager* deve possuir, devem ser criadas rotinas de verificação da informação 2D extraída que levem à detecção de incoerências no conteúdo representado. Essas rotinas de verificação permitem a revisão e ajustamento da informação do modelo, excluindo a possibilidade de envio de dados imprecisos para execução dos trabalhos em obra.

## Capítulo 7 – Conclusões



## Capítulo 7. Conclusões

A indústria da construção civil tem um fator de extrema importância, que a distingue das restantes indústrias e condiciona largamente a sua atividade, que é a realização unitária de cada produto como se fosse único nas suas características, ao nível da qualidade, finalidade, intervenientes e demais fatores internos e externos. O processo de execução de uma dada obra é único e distinto de qualquer outra, ainda que o projeto seja semelhante.

Os processos de fabrico têm que ser estudados e definidos para cada nova empreitada e para esse efeito é fundamental a adoção de metodologias experimentadas anteriormente, que permitam aproximar tanto quanto possível a execução da obra de técnicas e procedimentos padrão já amplamente testados.

A adoção da tecnologia BIM – *Building Information Model*, no apoio à preparação, controlo e gestão de obra, permite dar um passo importante no sentido da standardização e otimização de processos da indústria AEC.

Com esta nova abordagem é possível conceber o edifício virtualmente, com o nível de detalhe adequado, e prever exaustivamente os fatores preponderantes que envolverão a sua execução, antes da mesma se efetivar no terreno.

No que respeita à preparação da obra, com a modelação do edifício nas diferentes especialidades que o compõem, é colmatada uma das mais importantes atividades de preparação da obra na sua forma tradicional – a compatibilização dos projetos do edifício.

No decorrer da execução da obra o modelo BIM, torna-se um repositório dinâmico de informação, que introduzida no modelo se reflete nas peças desenhadas de preparação de obra já compiladas nos mapas do *software*.

Com o trabalho inicial de modelação e a sua posterior e contínua atualização é definitivamente assegurado que as peças desenhadas de preparação de obra extraídas do modelo tridimensional, em qualquer instante, resultam perfeitamente coordenadas e compatibilizadas e atualizadas.

Pode-se afirmar que o modelo congrega, agiliza, coordena e compatibiliza automaticamente toda a informação de projeto numa base única, atualizável a todo o momento.

A informação 2D que é adicionada às vistas dinâmicas do modelo mantém-se útil mesmo após a atualização automática das alterações que no modelo sejam introduzidas.

Isto garante que o trabalho de elaboração das peças desenhadas de preparação de obra, com a introdução de informação adicional nas vistas do modelo, é realizado apenas uma só vez. Ainda que surjam alterações no decurso do processo de execução, o trabalho desenvolvido nas vistas em 2D, poderá necessitar unicamente de revisão.

O processo de peças desenhadas e respetivos *layouts* criados a partir do modelo mantêm-se constantemente atualizados e prontos para serem impressos para as frentes de obra, consultas ao mercado, subempreiteiros ou outras atividades de gestão e controlo da empreitada.

## Capítulo 8 – Proposta de trabalhos a desenvolver no futuro





## **Capítulo 8. Proposta de trabalhos a desenvolver no futuro**

No presente trabalho foi abordada a metodologia BIM, na fase de execução de obra, com vista à elaboração de desenhos de suporte da execução dos trabalhos. Nesta mesma fase do ciclo de vida do empreendimento existem outras potencialidades inerentes ao modelo e a aplicações periféricas de extração e tratamento de dados, que possibilitam apoiar a execução de obra noutras áreas.

Sendo esta uma tecnologia emergente na indústria AEC, vislumbra-se essencial nesta fase a contínua procura e aperfeiçoamento de praticas padrão que otimizem e rentabilizem a sua implementação.

Nesse sentido, propõem-se trabalhos que procurem aperfeiçoar as praticas atuais nas várias vertentes de aplicação dos BIM.

Os temas seguintes são exemplos de trabalhos a realizar no âmbito desta filosofia, procurando agilizar e simplificar a adoção dos BIM na fase de execução da obra.

1. O BIM na gestão de encomendas de materiais durante a execução da obra.
2. O BIM em empreitadas de edifícios pré-fabricados.
3. A aplicação do BIM na gestão económica de subempreitadas.
4. O planeamento e controle da execução de obra apoiada no BIM.
5. O BIM na gestão económica de empreitadas de edifícios.
6. A elaboração de processos de consulta ao mercado com suporte no BIM.
7. A utilização do BIM na implementação e gestão da segurança em obra.
8. Procedimentos padrão no estudo e modelação do projeto de um edifício.



## Capítulo 9 – Referências bibliográficas



## Capítulo 9. Referências Bibliográficas

1. Cardoso JMM. Direcção de Obra - Organização e Controlo. Edição, editor: AECOPS; 2007.
2. Reis PM. Preparação de Obras - Construção Civil. 3ª ed: Publinindustria; 2010.
3. Sousa HD, Martins JP, Monteiro A. Projecto SIGABIM2011.
4. Dias LMA. Sebenta de Organização e Gestão de Obras: Instituto Superior Técnico; 2008.
5. Reis ACd. Organização e Gestão de Obras2009.
6. Hermogenes J. The Digital Skyline. 2007; Available from: <http://uapmakati.wordpress.com/2007/08/>.
7. BIM'nCAD. BIM no ciclo de vida do edificio. [www.bimncad.pt](http://www.bimncad.pt); BIM'nCAD; 2012 [cited 2012 Agosto].
8. Van J. AIA BIM Protocol (E202). 2008 [cited 2012 Agosto]; Available from: <http://www.allthingsbim.com/2008/12/aia-bim-protocol-e202.html>.
9. Bedrick JR. Organizing de Development of a Building Information Model2008 Agosto 2012.
10. BIMforumPortugal. BIMforumPortugal. 2012 [Maio, 2012]; Available from: [www.bimforum.com.pt](http://www.bimforum.com.pt).
11. Eastman C, Teicholz P, Sacks R, Liston K. BIM Handbook - A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. Edition S, editor: John Wiley & Sons, Inc.; 2011.
12. GeorgiaTech. Taxonomy Section. 2012 [cited 2012 Agosto]; Available from: <http://bim.arch.gatech.edu/?id=454>.
13. BuildingSMART. BuildingSmart - Internacional home of openBIM. BuildingSMART International Ltd; 2012; Available from: [www.buildingsmart.com](http://www.buildingsmart.com).
14. MSG BS. Industry Foundation Classes Release 2x4 (IFC2x4) Release Candidate 2. <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x4/rc2/html/index.htm>; BuildingSMART - International Alliance for Interoperability; 2010 [cited 2012 Maio]; Available from: <http://www.buildingsmart-tech.org>.
15. BS-ModelSupportGroup. Model Support Group - Applications. <http://www.buildingsmart-tech.org/implementation/implementations2012> [cited 2012 Agosto]; Available from: <http://www.buildingsmart-tech.org/implementation/implementations>.
16. IFDLIBRARY. IFD LIBRARY for BuildingSMART. BuildingSMART; 2012 [cited 2012 Agosto]; Available from: <http://www.ifd-library.org>.

17. BluEnt. bluentcad. BluEnt; 2012 [cited 2012 Agosto]; Available from: [www.bluentcad.com](http://www.bluentcad.com).
18. InCI.IP IdCedI. O Sector da Construção em Portugal. 2011.
19. Khemlani L. Around the World whith BIM 2012 [cited 2012 Maio]; Available from: [www.aecbytes.com](http://www.aecbytes.com).
20. WSP. Changing our Industry. 2012 [cited 2012 Maio]; Available from: [www.wspgroup.com](http://www.wspgroup.com).
21. Nunes IJD. Aplicação de Ferramentas Lean no Planeamento de obras [Mestrado]. IST: Instituto Superior Técnico; 2010.
22. Sousa Hd, Monteiro A. Linha de Balanço - Uma nova abordagem ao planeamento e controlo na construção. Outubro 2011 ed: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - Secção de Construções Cívicas; 2011.

Anexos



## Anexo 1 – MPS [Fonte: Mota-Engil]

Disciplina		Muito Baixo (100) [Biz Dev]				Baixo (200)				Standard (300)				Alto (400)			
		Model	Notas			Model	Notas			Model	Notas			Model	Notas		
Modelo do Sítio																	
	Demolições	Não				Não				Sim	> Representação simbólica do volume com sólidos	Sim	> Representação detalhada de volumes				
	Escavações	Não				Não				Não		Não	> Volume em desatério e modelado com subtraído do modelo do terreno	Sim			
	Remediação de especialistas	Não				Não				Não		Não		Não			
	Caminhos, estradas e estacionamento	Sim	O requerido para a visualização da envolvente: > Simbólico, representação plana do terreno > Terreno inclinado é aproximado com níveis em degrau, se necessário	Sim	> Simbólico, representação plana do terreno > Terreno inclinado é aproximado com níveis em degrau, se necessário	Sim				Sim	> Terreno detalhado com inclinações	Sim	> Terreno detalhado com inclinações	Sim			
	Paisagismo	Sim	O requerido para a visualização da envolvente: > Representação uniforme e simbólica de árvores	Sim	> Representação uniforme e simbólica de árvores	Sim				Sim	> Representação uniforme e simbólica de árvores	Sim	> Representação detalhada dos diferentes com a melhor correspondência da bibliotec > Modelado com sólido simbólico caso componente de biblioteca adequado	Sim			
	Vedações/Portões	Sim	O requerido para a visualização da envolvente: > Representação simbólica com sólidos	Sim	> Representação simbólica com sólidos	Sim				Sim	> Representação simbólica com sólidos	Sim	> Representação detalhada com a melhor biblioteca de objectos > Modelado com sólido simbólico caso componente de biblioteca adequado	Sim			
	Equipamentos e Mobiliário urbano	Sim	O requerido para a visualização da envolvente: > Representação simbólica dos elementos principais de mobiliário com blocos	Sim	> Representação simbólica dos elementos principais de mobiliário com blocos	Sim				Sim	> Representação simbólica dos elementos principais de mobiliário com blocos	Sim	> Representação detalhada com a melhor biblioteca de objectos > Modelado com sólido simbólico caso componente de biblioteca adequado	Sim			
	Edifícios menores	Sim	O requerido para a visualização da envolvente: > Representação simbólica com blocos	Sim	> Representação simbólica com blocos	Sim				Sim	> Representação simbólica com blocos	Sim	> Representação detalhada de volumes	Sim			
	Trabalho em edifícios existentes	Não				Não				Sim	> Edifícios existentes são modelados como volumes simbólicos > Trabalhos novos em construções deverão corresponder ao detalhe dos elementos em LOD 300, conforme abaixo especificado	Sim	> Edifícios existentes são modelados como volumes simbólicos > Trabalhos novos em construções deverão corresponder ao detalhe dos elementos em LOD 300, conforme abaixo especificado	Sim			
Redes externas e enterradas																	
	Drenagem	Não				Não				Não		Não	> Representação detalhada	Sim			
	Redes públicas	Não				Não				Sim	> Apenas os principais cabos e tubagens	Sim	> Apenas os principais cabos e tubagens	Sim			
	Iluminações exterior	Não				Não				Não		Não	> Representação detalhada com a melhor biblioteca de objectos > Modelado com sólido simbólico caso componente de biblioteca adequado	Sim			
	Segurança exterior	Não				Não				Não		Não		Não			
	Subestações e Transformadores	Não				Não				Sim	> Representação simbólica com sólidos	Sim	> Representação detalhada com a melhor biblioteca de objectos > Modelado com sólido simbólico caso componente de biblioteca adequado	Sim			
Modelo Estrutural																	
Fundações e Caves																	
	Escavação	Não				Não				Não		Não		Não			
	Elementos Estruturais em Betão	Sim	> Substruturas em betão distintas são modeladas com dimensões e formas genéricas uniformes > Representação simbólica de estacas, maciços e fundações contínuas > Lajes de fundação contínua e lajes de enrocamento são modeladas como sólidos nivelados > Degraus de fundações e lajes não são considerados quando são inferiores a 1.00m	Sim	> Todos os subtipos estruturais são modelados com a respectiva geometria rectangular > Não existe diferenciação de tipos, todos os componentes semelhantes são modelados com IDs uniformes	Sim	> Todos os subtipos estruturais são modelados com a respectiva geometria rectangular > Componentes semelhantes são divididos em subtipos baseados nos mapas respectivos e marcados com IDs únicos	Sim	> Todos os subtipos estruturais são modelados com a verdadeira geometria 3D > Componentes semelhantes são divididos em subtipos baseados nos mapas respectivos e marcados com IDs únicos > Topos inclinados são modelados com	Sim		Sim	> Todos os subtipos estruturais são modelados com a verdadeira geometria 3D > Componentes semelhantes são divididos em subtipos baseados nos mapas respectivos e marcados com IDs únicos > Topos inclinados são modelados com	Sim			
	Armador	Não				Não				Não		Não		Não			

Nível de Detalhe									
Disciplina	Muito Baixo (100) [Biz Dev]			Baixo (200)		Standard (300)		Alto (400)	
	Model	Notas	Model	Notas	Model	Notas	Model	Notas	
Estruturas em painéis pré-fabricadas	Sim	> Modelado como um sólido contínuo, com uma dimensão e forma genérica	Sim	> Todos os subtipos estruturais são modelados com a respectiva geometria rectangular > Não existe diferenciação de tipos, todos os componentes semelhantes são modelados com IDs uniformes	Sim	> Todos os subtipos estruturais são modelados com a respectiva geometria rectangular > Componentes semelhantes são divididos em subtipos baseados nos mapas respectivos e marcados com IDs únicos	Sim	> Painéis individuais são modelados com geometria rectangular > Painéis são divididos em subtipos baseados nos mapas respectivos e marcados com IDs únicos	
	Sim	> Diferentes tipos de elementos metálicos estruturais são modelados com dimensões e formas genéricas e uniformes > Representação simbólica das principais pilares e asnas, vigas que suportam lajes são excluídas > Asnas são modeladas como sólidos > Inclinações inferiores a 15° são ignoradas	Sim	> Os componentes são modelados de acordo com o seu tipo de secção, mas com dimensões uniformes (p.e. IPNs serão modelados com o mesmo tipo genérico de IPNs que seja o mais aproximado da média), e são marcados com IDs uniformes > Os componentes são modelados de centro a centro > Apenas as colunas, vigas e asnas principais serão modeladas > Asnas são modeladas como sólidos > Inclinações inferiores a 5° são ignoradas	Sim	> Os elementos são modelados com os seus respectivos e individuais perfis e dimensões, e são marcados com os respectivos IDs únicos > Todas as colunas, vigas, asnas e travamentos são modelados > As asnas são modeladas com o elemento de biblioteca mais adequado - se não existir um objecto desses, as asnas são modeladas com um perfil composto que traduza a secção da asna	Sim	> Os elementos são modelados com os seus respectivos e individuais perfis e dimensões, e são marcados com os respectivos IDs únicos > Todas as colunas, vigas, asnas e travamentos são modelados > As asnas são modeladas com o elemento de biblioteca mais adequado - se não existir um objecto desses, as asnas são modeladas com um perfil composto que traduza a secção da asna	
Elementos metálicos estruturais secundários	Não		Não		Sim	> Os elementos são modelados com os seus respectivos e individuais perfis e dimensões, e são marcados com os respectivos IDs únicos > Apenas as amarrações principais são modeladas > Todas as amarrações incluídas são modeladas com a inclinação exata	Sim	> Os elementos são modelados com os seus respectivos e individuais perfis e dimensões, e são marcados com os respectivos IDs únicos > Apenas as amarrações principais são modeladas > Todas as amarrações incluídas são modeladas com a inclinação exata	
Chapas de base	Não		Não		Não		Sim	> Chapas de base são modeladas com verdadeira e marcadas com ID único de inclinação > Chapas de base são modeladas do tipo pilar	
Argamassa selante	Não		Não		Não		Não		
Chapas de ligação	Não		Não		Não		Sim	> Chapas de ligação individuais são modeladas com geometria 3D verdadeira e são marcadas com o perfil correspondente	
Recobrimento de protecção ao fogo	Não		Não		Não		Não		
Caixa de protecção ao fogo	Não		Não		Sim	> Corresponde ao LOD 300 das paredes e tetos interiores	Sim	> Corresponde ao LOD 400 das paredes e tetos interiores	
Estrutura de madeira	Sim	> Diferentes tipos de elementos estruturais de madeira são modelados com dimensões e formas genéricas e uniformes > Representação simbólica das principais pilares e asnas, vigas que suportam lajes são excluídas > Asnas são modeladas como sólidos > Inclinações inferiores a 15° são ignoradas	Sim	> Diferentes tipos de elementos estruturais de madeira são modelados com dimensões e formas genéricas e uniformes > Os componentes são modelados de centro a centro > Apenas as colunas, vigas e asnas principais serão modeladas > Asnas são modeladas como sólidos > Inclinações inferiores a 5° são ignoradas	Sim	> Os elementos são modelados com os seus respectivos e individuais perfis e dimensões, e são marcados com os respectivos IDs únicos > Todas as colunas, vigas, asnas e travamentos são modelados > As asnas são modeladas com o elemento de biblioteca mais adequado - se não existir um objecto desses, as asnas são modeladas com um perfil composto que traduza a secção da asna	Sim	> Os elementos são modelados com os seus respectivos e individuais perfis e dimensões, e são marcados com os respectivos IDs únicos > Todas as colunas, vigas, asnas e travamentos são modelados > As asnas são modeladas com o elemento de biblioteca mais adequado - se não existir um objecto desses, as asnas são modeladas com um perfil composto que traduza a secção da asna	
Pisos superiores									
Lajes em betão	Sim	> Modeladas com dimensões e formas genéricas uniformes > Degraus de lajes não são considerados quando são inferiores a 1,00m > Inclinações inferiores a 15° são ignoradas	Sim	> Lajes são modelados com a respectiva geometria rectangular > Não existe diferenciação de tipos, todos os componentes semelhantes são modelados com IDs uniformes > Apenas as aberturas grandes são modeladas	Sim	> Lajes são modelados com a respectiva geometria rectangular > Componentes semelhantes são divididos em subtipos baseados nos mapas respectivos e marcados com IDs únicos > Apenas as aberturas grandes são modeladas	Sim	> Todos os subtipos estruturais são modelados com verdadeira geometria 3D > Componentes semelhantes são divididos em subtipos baseados nos mapas respectivos e marcados com IDs únicos > Topos inclinados são modelados com o perfil correspondente	
Laje em betão sobre chapa	Sim	> Modeladas com dimensões e formas genéricas uniformes principais > Degraus de lajes não são considerados quando são inferiores a 1,00m > Inclinações inferiores a 15° são ignoradas	Sim	> Lajes são modelados com a respectiva geometria rectangular (chapa não é modelada separadamente) > Não existe diferenciação de tipos, todos os componentes semelhantes são modelados com IDs uniformes > Apenas as aberturas grandes são modeladas	Sim	> Lajes são modelados com a respectiva geometria rectangular (chapa não é modelada separadamente) > Componentes semelhantes são divididos em subtipos baseados nos mapas respectivos e marcados com IDs únicos > Apenas as aberturas grandes são modeladas	Sim	> Todos os subtipos estruturais são modelados com verdadeira geometria rectangular > Chapa metálica é modelada com verdadeira geometria rectangular > Componentes semelhantes são divididos em subtipos baseados nos mapas respectivos e marcados com IDs únicos > Topos inclinados são modelados com o perfil correspondente	

Nível de Detalhe									
Disciplina	Muito Baixo (100) [Biz Dev]			Baixo (200)		Standard (300)		Alto (400)	
	Model	Notas		Model	Notas	Model	Notas	Model	Notas
Varandas	Sim	> Corresponde ao LOD de Pavimentos semelhantes		Sim	> Corresponde ao LOD de Pavimentos semelhantes	Sim	> Corresponde ao LOD de Pavimentos semelhantes	Sim	> Corresponde ao LOD de Pavimentos semelhantes
Rampas	Sim	> Corresponde ao LOD de Pavimentos semelhantes		Sim	> Corresponde ao LOD de Pavimentos semelhantes	Sim	> Corresponde ao LOD de Pavimentos semelhantes	Sim	> Corresponde ao LOD de Pavimentos semelhantes
Mezzanines	Sim	> Corresponde ao LOD de Pavimentos semelhantes		Sim	> Corresponde ao LOD de Pavimentos semelhantes	Sim	> Corresponde ao LOD de Pavimentos semelhantes	Sim	> Corresponde ao LOD de Pavimentos semelhantes
Cobertura									
Elementos Estruturais	Sim	> Coberturas planas correspondem ao LOD de pisos semelhantes > Coberturas inclinadas correspondem ao LOD da estrutura metálica/madeira		Sim	> Coberturas planas correspondem ao LOD de pisos semelhantes > Coberturas inclinadas correspondem ao LOD da estrutura metálica/madeira	Sim	> Coberturas planas correspondem ao LOD de pisos semelhantes > Coberturas inclinadas correspondem ao LOD da estrutura metálica/madeira	Sim	> Coberturas planas correspondem ao LOD de pisos semelhantes > Coberturas inclinadas correspondem ao LOD da estrutura metálica/madeira
Armaduras	Não			Não		Não		Não	
Cofragens	Não			Não		Não		Não	
Ligações	Não							Sim	> Chapas de ligação individuais são modeladas com geometria 3D verdadeira e são marcadas correspondente
Recobrimento de protecção ao fogo	Não			Não		Não		Não	
Caixa de protecção ao fogo	Não			Não		Sim	> Corresponde ao LOD 300 das paredes e tetos interiores	Sim	> Corresponde ao LOD 400 das paredes e tetos interiores
Acabamentos	Não			Sim	> Corresponde ao LOD da estrutura metálica/madeira	Sim	> Corresponde ao LOD da estrutura metálica/madeira	Sim	> Corresponde ao LOD da estrutura metálica/madeira
Claraboias	Sim	> Apenas modeladas se visíveis do exterior > Representação simbólica do volume > Inclinações inferiores a 15° são ignoradas		Sim	> Representação genérica > Inclinações inferiores a 5° são ignoradas	Sim	> Representação detalhada com a melhor correspondência da biblioteca de objectos > Modelado com sólido simbólico caso não exista nenhum componente de biblioteca adequado	Sim	> Representação detalhada com a melhor correspondência da biblioteca de objectos > Modelado com sólido simbólico caso não exista nenhum componente de biblioteca adequado
Grelhas de equipamentos	Sim	> Apenas modeladas se visíveis do exterior > Modeladas como um sólido contínuo, com uma dimensão e forma genéricas		Sim	> Modeladas como um sólido contínuo, com uma dimensão e forma genéricas	Sim	> Modeladas como sólidos contínuos com as dimensões respectivas e marcadas com um ID único correspondente	Sim	> Representação detalhada com a melhor correspondência da biblioteca de objectos > Modelado com sólido simbólico caso não exista nenhum componente de biblioteca adequado
Caleiras e tubos de queda	Não			Não		Sim	> Representação genérica	Sim	> Representação detalhada com a melhor correspondência da biblioteca de objectos > Modelado com sólido simbólico caso não exista nenhum componente de biblioteca adequado
Remates de platibandas	Não			Não		Não		Sim	> Modelados como um perfil complexo para a geometria 3D real
Chaminés	Não			Não		Sim	> Representação genérica	Sim	> Representação detalhada com a melhor correspondência da biblioteca de objectos > Modelado com sólido simbólico caso não exista nenhum componente de biblioteca adequado
Escadas									
Escadas exteriores e fugas de emergência	Sim	> Aproximação simbólica com sólidos inclinados e de nível		Sim	> Lanços e patamares de escadas modelados com um único elemento, com o objecto de biblioteca mais adequado > Não há diversificação de tipos, todos os elementos são marcados com ID uniforme	Sim	> Lanços e patamares de escadas são modelados separadamente, com o componente de biblioteca mais adequado e marcados com um ID único correspondente > Componentes similares são divididos em subtipos baseados nos mapas de e marcados com ID único	Sim	> Lanços e patamares de escadas são modelados separadamente, com o componente de biblioteca mais adequado e marcados com um ID único correspondente > Componentes similares são divididos em subtipos baseados nos mapas de e marcados com ID único
Rampas interiores	Sim	> Corresponde ao LOD de Pavimentos semelhantes		Sim	> Corresponde ao LOD de Pavimentos semelhantes	Sim	> Corresponde ao LOD de Pavimentos semelhantes	Sim	> Corresponde ao LOD de Pavimentos semelhantes
Estrutura de escada	Não			Não		Sim	> Corresponde ao LOD da estrutura metálica/madeira	Sim	> Corresponde ao LOD da estrutura metálica/madeira
Balaustradas de escada	Não			Não		Sim	> Modeladas como sólidos contínuos	Sim	> Modeladas com o elemento da biblioteca > Modelado com sólido contínuo se necessário para a biblioteca for adequado

Nível de Detalhe											
Disciplina	Muito Baixo (100) [Biz Dev]			Baixo (200)			Standard (300)			Alto (400)	
	Model	Notas		Model	Notas		Model	Notas		Model	Notas
Modelo arquitetónico											
Envelope											
Fachada cortina	Sim	> Todas as fachadas cortina são modeladas como um sólido contínuo, com uma dimensão e forma genérica	Sim	> Todas as fachadas cortina são modeladas com a respectiva geometria rectangular, como paredes contínuas > Não há diversificação de tipos, todos os elementos são marcados com ID uniforme	Sim	> Todas as fachadas cortina são modeladas com a respectiva geometria rectangular, como paredes contínuas > Almofadas e panos de vidro são modelados separadamente > Componentes similares são divididos em subtipos baseados nos mapas de e marcados com ID único	Sim	> Todas as fachadas cortina são modeladas com a respectiva geometria rectangular, como paredes contínuas > Almofadas e panos de vidro são modelados separadamente > Componentes similares são divididos nos mapas de e marcados com ID único	Sim	> Todas as fachadas cortina são modeladas com a geometria rectangular, como paredes contínuas > Almofadas e panos de vidro são modelados separadamente > Componentes similares são divididos nos mapas de e marcados com ID único	
Estrutura da fachada cortina	Não		Não		Não		Não		Sim	> Modelada com perfil simplificado	
Revestimento exterior de paredes	Sim	> Modelado como fazendo parte da parede exterior	Sim		Sim	> Modelado como fazendo parte da parede exterior	Sim	> Modelado como fazendo parte da parede exterior	Sim	> Revestimentos das paredes são modelados independentemente das camadas estruturais compostas > Todos os revestimentos são modelados com geometria 3D respectiva > Componentes similares são divididos nos mapas de e marcados com ID único	
Estrutura metálica de revestimento exterior	Não		Não		Não		Não		Sim	> Modelada com perfil simplificado	
gradeamentos exteriores	Sim	> Modelado como um sólido contínuo, com dimensões e formas genéricas	Sim	> Modelado como um sólido contínuo, com dimensões e formas genéricas > Não há diversificação de tipos, todos os elementos são marcados com ID uniforme	Sim	> Modelado com o elemento de biblioteca mais adequado > Modelado com sólido simbólico se não existir elemento de biblioteca adequado > Componentes similares são divididos em subtipos baseados nos mapas de e marcados com ID único	Sim	> Modelado com o elemento de biblioteca mais adequado > Modelado com sólido simbólico se não existir elemento de biblioteca adequado > Componentes similares são divididos nos mapas de e marcados com ID único	Sim	> Modelado com o elemento de biblioteca mais adequado > Modelado com sólido simbólico se não existir elemento de biblioteca adequado > Componentes similares são divididos nos mapas de e marcados com ID único	
Parapeito de varanda e corrimãos	Sim	> Modelado com sólidos contínuos, juntamente com restantes paredes exteriores	Sim	> Modelado como um sólido contínuo, com dimensões e formas genéricas > Não há diversificação de tipos, todos os elementos são marcados com ID uniforme	Sim	> Paredes de varandas terão LOD correspondente aos das paredes semelhantes > Corrimãos são modelados com elementos de biblioteca mais adequados > Modelado com sólido simbólico se não existir elemento de biblioteca adequado > Componentes similares são divididos em subtipos baseados nos mapas de e marcados com ID único	Sim	> Paredes de varandas terão LOD correspondente aos das paredes semelhantes > Corrimãos são modelados com elementos de biblioteca mais adequados > Modelado com sólido simbólico se não existir elemento de biblioteca adequado > Componentes similares são divididos em subtipos baseados nos mapas de e marcados com ID único	Sim	> Paredes de varandas terão LOD correspondente aos das paredes semelhantes > Corrimãos são modelados com elementos de biblioteca mais adequados > Modelado com sólido simbólico se não existir elemento de biblioteca adequado > Componentes similares são divididos nos mapas de e marcados com ID único	
Elementos de sombreamento exteriores	Sim	> Modelado com sólidos contínuos e/ou com superfícies topográficas simplificadas, com formas e dimensões genéricas	Sim	> Modelado como um sólido contínuo, com dimensões e formas genéricas > Não há diversificação de tipos, todos os elementos são marcados com ID uniforme	Sim	> Modelado com o elemento de biblioteca mais adequado > Modelado com sólido simbólico se não existir elemento de biblioteca adequado > Componentes similares são divididos em subtipos baseados nos mapas de e marcados com ID único	Sim	> Modelado com o elemento de biblioteca mais adequado > Modelado com sólido simbólico se não existir elemento de biblioteca adequado > Componentes similares são divididos nos mapas de e marcados com ID único	Sim	> Modelado com o elemento de biblioteca mais adequado > Modelado com sólido simbólico se não existir elemento de biblioteca adequado > Componentes similares são divididos nos mapas de e marcados com ID único	
Barreira de vapor	Não		Não	Pode ser quantificado sem modelação	Não		Sim	> Modelado como uma camada única se aplicável	Sim	> Modelado como uma camada única se aplicável	
Parede de parapeito	Sim	> Modelado como parede genérica exterior	Sim	> Corresponde ao LOD de paredes semelhantes	Sim	> Corresponde ao LOD de paredes semelhantes	Sim	> Corresponde ao LOD de paredes semelhantes	Sim	> Corresponde ao LOD de paredes semelhantes	
Remates	Não		Não		Não		Não		Sim	> Modelado com um perfil composto que corresponde à verdadeira geometria 3D	
Janelas e portas											
Janelas	Sim	> Representação genérica das montas principais	Sim	> Representação genérica das montas principais > Não há diversificação de tipos, todos os elementos são marcados com ID uniforme	Sim	> Todos os tipos são modelados com a respectiva geometria rectangular, mas sem a geometria verdadeira do caixilho > Modelado com objecto da biblioteca optimizado > Parapeitos, batentes e ferragens não são modeladas > Componentes similares são divididos em subtipos baseados nos mapas de e marcados com ID único	Sim	> Todos os tipos são modelados com a respectiva geometria rectangular, mas sem a geometria verdadeira do caixilho > Modelado com objecto da biblioteca optimizado > Parapeitos, batentes e ferragens não são modeladas > Componentes similares são divididos em subtipos baseados nos mapas de e marcados com ID único	Sim	> Todos os tipos são modelados com a geometria rectangular, mas sem a geometria verdadeira do caixilho > Ferragens não são modeladas > Todos os itens recebem um ID individualizado no mapa	
Portas	Sim	> Representação genérica das entradas principais	Sim	> Representação genérica das entradas principais > Não há diversificação de tipos, todos os elementos são marcados com ID uniforme	Sim	> Todos os tipos são modelados com a respectiva geometria rectangular, mas sem a geometria verdadeira do caixilho > Modelado com objecto da biblioteca optimizado > Parapeitos, batentes e ferragens não são modeladas > Componentes similares são divididos em subtipos baseados nos mapas de e marcados com ID único	Sim	> Todos os tipos são modelados com a respectiva geometria rectangular, mas sem a geometria verdadeira do caixilho > Modelado com objecto da biblioteca optimizado > Parapeitos, batentes e ferragens não são modeladas > Componentes similares são divididos em subtipos baseados nos mapas de e marcados com ID único	Sim	> Todos os tipos são modelados com a geometria rectangular, mas sem a geometria verdadeira do caixilho > Ferragens não são modeladas > Todos os itens recebem um ID individualizado no mapa	
Vergas e padieiras	Não		Não		Não		Não		Sim	> Modelada com perfil simplificado	
Paredes interiores e divisórias											
Parede pré-fabricada	Sim	> Apenas as paredes interiores principais (i.e. As que	Sim	> Modelado como um sólido contínuo, com dimensões e formas genéricas	Sim	> Todas as paredes são modeladas com a respectiva geometria rectangular, mas sem a geometria verdadeira do caixilho	Sim	> Todas as paredes são modeladas com a respectiva geometria rectangular, mas sem a geometria verdadeira do caixilho	Sim	> Todas as paredes são modeladas com a geometria rectangular, mas sem a geometria verdadeira do caixilho	

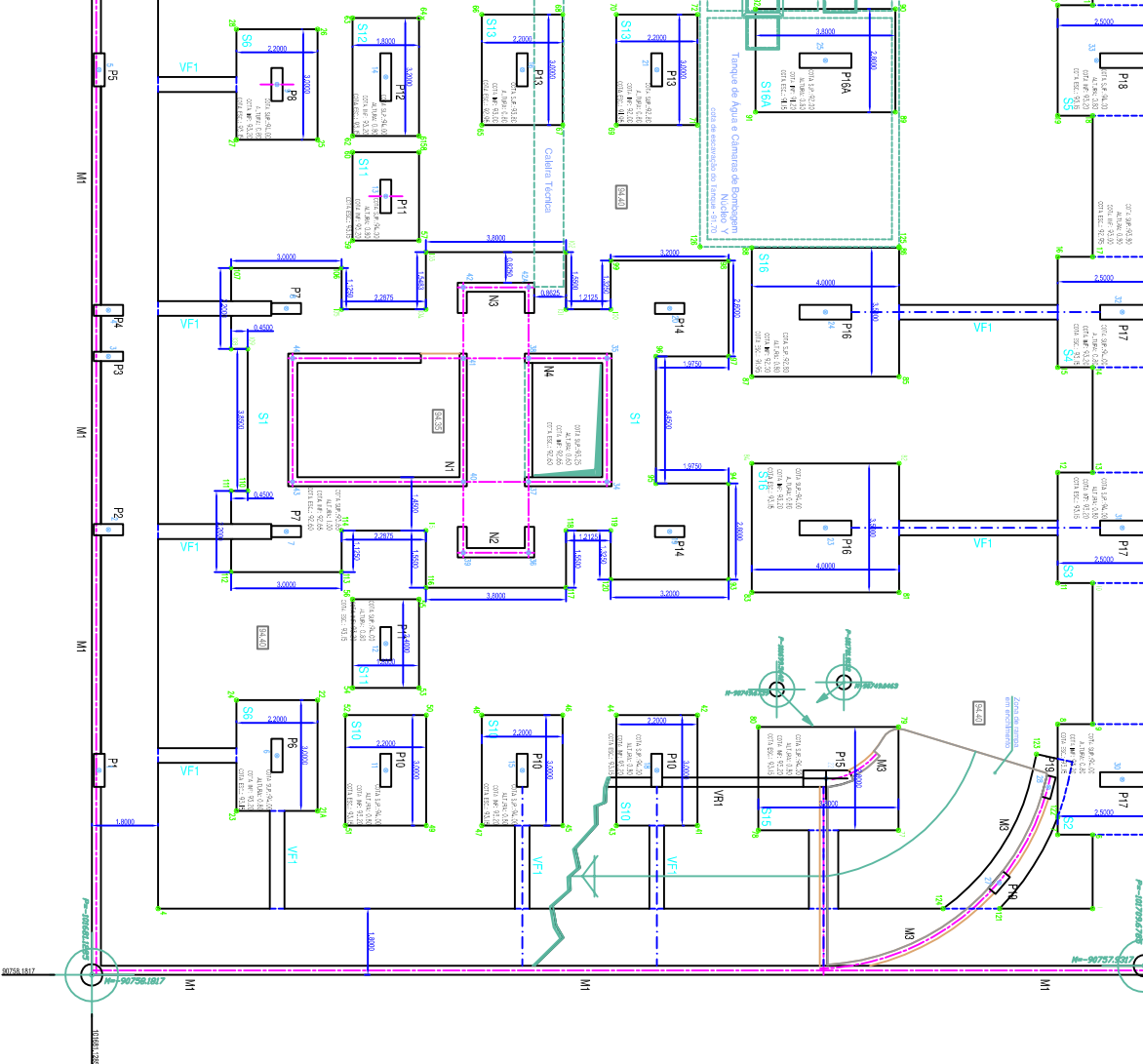
Nível de Detalhe									
Disciplina	Muito Baixo (100) [Biz Dev]			Baixo (200)		Standard (300)		Alto (400)	
	Model	Notas		Model	Notas	Model	Notas	Model	Notas
Especial	Não			Não		Não		Não	
Acabamentos de pavimentos									
	carpete/Vinílico	Não		Não		Não		Não	
Mosaicos	Não			Não		Não		Não	
Pinturas, selantes, autonivelantes	Não			Não		Não		Não	
Betonilha	Não			Não		Sim	> Apenas 50mm ou mais espessa é modelada > Modelada com a geometria rectangular correspondente > Componentes similares são divididos em subtipos baseados nos mapas de e marcados com ID único	Sim	> Todas as betonilhas são modeladas o real > Componentes similares são divididos nos mapas de e marcados com ID único > Pequenas aberturas não são modeladas
Pavimento sobre-elevado ou isolado	Não			Não		Sim	> Modelada com a geometria rectangular correspondente como composição > Componentes similares são divididos em subtipos baseados nos mapas de e marcados com ID único	Sim	> Modelada com a geometria rectangular correspondente como composição > Componentes similares são divididos nos mapas de e marcados com ID único
Rodapés	Não			Não		Não		Não	
Acabamentos de tectos	vicosubsys					vicosubsys		vicosubsys	
Suspensos	Não			Sim	> Todos os tectos são modelados com a geometria rectangular correspondente como composição > Não há diversidade de tipos, todos os componentes similares são marcados com ID uniforme > Anteparas não são modeladas	Sim	> Todos os tectos são modelados com a geometria rectangular correspondente como composição > Componentes similares são divididos em subtipos baseados nos mapas de e marcados com ID único	Sim	> Todos os tectos são modelados com a geometria rectangular correspondente como comp > Camadas de composição são gráfica > Componentes similares são divididos nos mapas de e marcados com ID único
	Reboco/estruque	Não		Não		Sim	> Modelado como composição	Sim	> Modelado como composição
	Decorativo	Não			Não		Não		Não
Especial	Não			Não		Não		Não	
Compartimentos									
Acabamentos gerais	Não			Sim	Zonas de diferentes funções	Sim	Zonas de diferentes funções	Sim	Zonas de diferentes funções
Mobilia e equipamentos									
Mobiliário fixo	Não			Não		Sim	> Modelado simbólicamente com respectiva geometria rectangular > Componentes similares são divididos em subtipos baseados nos mapas de e marcados com ID único	Sim	> Modelado com o elemento de bibliotec > Modelado com sólido simbólico se há objecto de biblioteca adequado > Componentes similares são divididos nos mapas de e marcados com ID único
Mobiliário móvel	Não			Não		Não		Não	
Mobiliário "macio"	Não			Não		Não		Não	
Obras de arte	Não			Não		Não		Não	
Equipamento	Não			Não		Não		Não	

Nível de Detalhe						
Disciplina	Muito Baixo (100) [Biz Dev]		Baixo (200)		Standard (300)	
	Model	Notas	Model	Notas	Model	Notas
Outros sistemas de transporte	Não		Não		Sim	> Modelado com o elemento de biblioteca mais adequado > Modelado com sólido simbólico se não existir nenhum objecto de biblioteca adequado > Componentes similares são divididos em subtipos baseados nos mapas de e marcados com ID único
<b>Modelo mecânico</b>						
Tubagens	Não		Não		Sim	> Todos os tubos com 2" em diâmetro e acima
Ductos	Não		Sim	> Todos os ductos verticais localizados nas coretes e apenas os ductos horizontais principais, excluindo derivações > Por definição, os ductos horizontais principais são os que estão conectados directamente às prumadas localizadas nas coretes e que possuem um diâmetro ou lado igual ou superiores a 300mm	Sim	> Todos os ductos, incluindo derivações e equipamentos em linha
Acessórios de ductos	Não		Não		Não	
Conexções a equipamentos individuais	Não		Não		Sim	> Modelado
Válvulas	Não		Não		Não	
Especialidades	Não		Não		Não	
Suportes e Suspensores	Não		Não		Não	
Amarrações sísmicas	Não		Não		Não	
Equipamento	Não		Sim	> Representação genérica de grandes equipamentos > Será usado um objecto de biblioteca que mais se aproxime do projecto - se não existir nenhum objecto adequado, será utilizada uma caixa com a dimensão geral do equipamento com as conexções com as dimensões, quantidades e localizações correctas para os ductos e/ou canos	Sim	> Representação genérica de grandes equipamentos > Será usado um objecto de biblioteca que mais se aproxime do projecto - se não existir nenhum objecto adequado, será utilizada uma caixa com a dimensão geral do equipamento com as conexções com as dimensões, quantidades e localizações correctas para os ductos e/ou canos
Isolamentos	Não		Não		Sim	> Modelado
Instrumentos e controlos	Não		Não		Não	
<b>Modelo eléctrico</b>						
Serviço e distribuição	Não		Sim	> Apenas tabuleiros de cabos principais, excluindo derivações > Por definição, tabuleiros de cabos principais começam nas coretes, correm principalmente sobre coretores e té 300mm ou mais de largura	Sim	Todos os tabuleiros de cabos, incluindo derivações
Iluminação	Não		Não		Sim	Todas as luminárias, excluindo sinalização
Outros sistemas eléctricos	Não		Não		Não	
Equipamento	Não		Sim	> Representação genérica de grandes equipamentos > Será usado um objecto de biblioteca que mais se aproxime do projecto - se não existir nenhum objecto adequado, será utilizada uma caixa com a dimensão geral do equipamento com as conexções com as dimensões, quantidades e localizações correctas para os ductos e/ou canos	Sim	> Representação genérica de grandes equipamentos > Será usado um objecto de biblioteca que mais se aproxime do projecto - se não existir nenhum objecto adequado, será utilizada uma caixa com a dimensão geral do equipamento com as conexções com as dimensões, quantidades e localizações correctas para os ductos e/ou canos
<b>Modelo de canalizações</b>						
Equipamentos sanitários	Não		Não		Sim	> Equipamentos principais, incluindo sanitas, bédets, urinóis, lavatórios, banheiras, bases de duche e fontanários, mais excluindo acessórios pequenos e especiais
Tubagens	Não		Sim	> Gravity pipes: Only vertical pipes (4" and above) excluding any run outs. > Pressure pipes: Only vertical main pipes (2" or above located in shafts).	Sim	> Todos os tubos com 2" em diâmetro e acima
Conexções a equipamentos individuais	Não		Não		Não	
Válvulas	Não		Não		Não	
Especialidades	Não		Não		Não	
Suportes e Suspensores	Não		Não		Não	
Amarrações sísmicas	Não		Não		Não	
Hidráulicas	Não		Não		Não	

Nível de Detalhe											
Disciplina	Muito Baixo (100) [Biz Dev]			Baixo (200)			Standard (300)			Alto (400)	
	Model	Notas		Model	Notas		Model	Notas		Model	Notas
Equipamento de construção											
Gruas e guindastes	Sim	De acordo com solicitação para enquadramento visual da construção: > Representação simbólica com objecto de biblioteca existente mais adequado ou sólido	Sim	De acordo com solicitação para enquadramento visual da construção: > Representação simbólica com objecto de biblioteca existente mais adequado ou sólido	Sim	De acordo com solicitação para enquadramento visual da construção: > Representação simbólica com objecto de biblioteca existente mais adequado ou sólido	Sim	De acordo com solicitação para enquadramento visual da construção: > Representação simbólica com objecto de biblioteca existente mais adequado ou sólido	Sim	De acordo com solicitação para enquadramento visual da construção: > Representação simbólica com objecto de biblioteca existente mais adequado ou sólido	
	Não		Não		Não		Não		Sim	De acordo com solicitação para enquadramento visual da construção: > Representação simbólica com objecto de biblioteca existente mais adequado ou sólido	
Trabalhos temporários											
Distribuição de trabalho / logística	Sim	De acordo com solicitação para enquadramento visual da construção: > Representação simbólica com objecto de biblioteca existente mais adequado ou sólido	Sim	De acordo com solicitação para enquadramento visual da construção: > Representação simbólica com objecto de biblioteca existente mais adequado ou sólido	Sim	De acordo com solicitação para enquadramento visual da construção: > Representação simbólica com objecto de biblioteca existente mais adequado ou sólido	Sim	De acordo com solicitação para enquadramento visual da construção: > Representação simbólica com objecto de biblioteca existente mais adequado ou sólido	Sim	De acordo com solicitação para enquadramento visual da construção: > Representação simbólica com objecto de biblioteca existente mais adequado ou sólido	
	Sim	De acordo com solicitação para enquadramento visual da construção: > Representação simbólica com objecto de biblioteca existente mais adequado ou sólido	Sim	De acordo com solicitação para enquadramento visual da construção: > Representação simbólica com objecto de biblioteca existente mais adequado ou sólido	Sim	De acordo com solicitação para enquadramento visual da construção: > Representação simbólica com objecto de biblioteca existente mais adequado ou sólido	Sim	De acordo com solicitação para enquadramento visual da construção: > Representação simbólica com objecto de biblioteca existente mais adequado ou sólido	Sim	De acordo com solicitação para enquadramento visual da construção: > Representação simbólica com objecto de biblioteca existente mais adequado ou sólido	



Anexo 2 a 17 – Desenhos típicos da  
preparação de uma obra na sua forma  
tradicional



S16A	87	X = -50741,9567	Y = -101,699,0285
	88	X = -50741,9567	Y = -101,699,0285
	89	X = -50734,7817	Y = -101,702,2285
	90	X = -50731,9817	Y = -101,702,2285
	91	X = -50734,7817	Y = -101,699,1285
	92	X = -50734,7817	Y = -101,699,1285
	93	X = -50747,4567	Y = -101,698,4035
	94	X = -50744,8567	Y = -101,698,4035
	95	X = -50744,8567	Y = -101,696,4285
	96	X = -50741,4067	Y = -101,694,4285
M3	97	X = -50741,4067	Y = -101,698,4035
	98	X = -50738,8067	Y = -101,698,4035
	99	X = -50738,8067	Y = -101,693,2035
	100	X = -50740,1317	Y = -101,695,2035
	101	X = -50740,1317	Y = -101,693,9910
	102	X = -50738,5817	Y = -101,693,9910
	103	X = -50738,5817	Y = -101,690,1910
	104	X = -50740,1317	Y = -101,690,1910
	105	X = -50740,1317	Y = -101,687,9035
	106	X = -50739,0067	Y = -101,687,9035
TANQUE	107	X = -50739,0067	Y = -101,684,9035
	108	X = -50741,2067	Y = -101,684,9035
	109	X = -50741,2067	Y = -101,685,3535
	110	X = -50745,0567	Y = -101,685,3535
	111	X = -50745,0567	Y = -101,684,9035
	112	X = -50747,2567	Y = -101,684,9035
	113	X = -50747,2567	Y = -101,687,9035
	114	X = -50746,1317	Y = -101,687,9035
	115	X = -50746,1317	Y = -101,690,1910
	116	X = -50747,6817	Y = -101,690,1910

isep

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Desenho nº

P0002

Julho de 2012

DIPRE 2011/12

Especialidade:

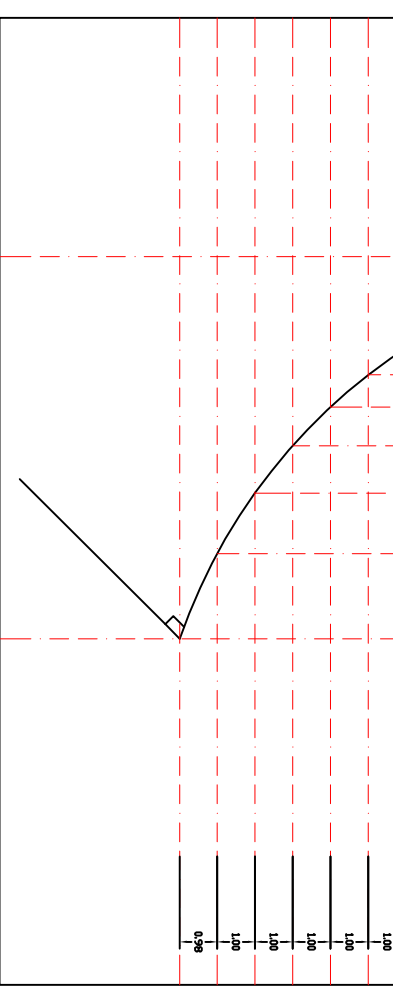
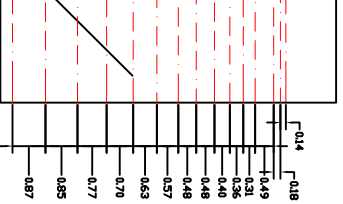
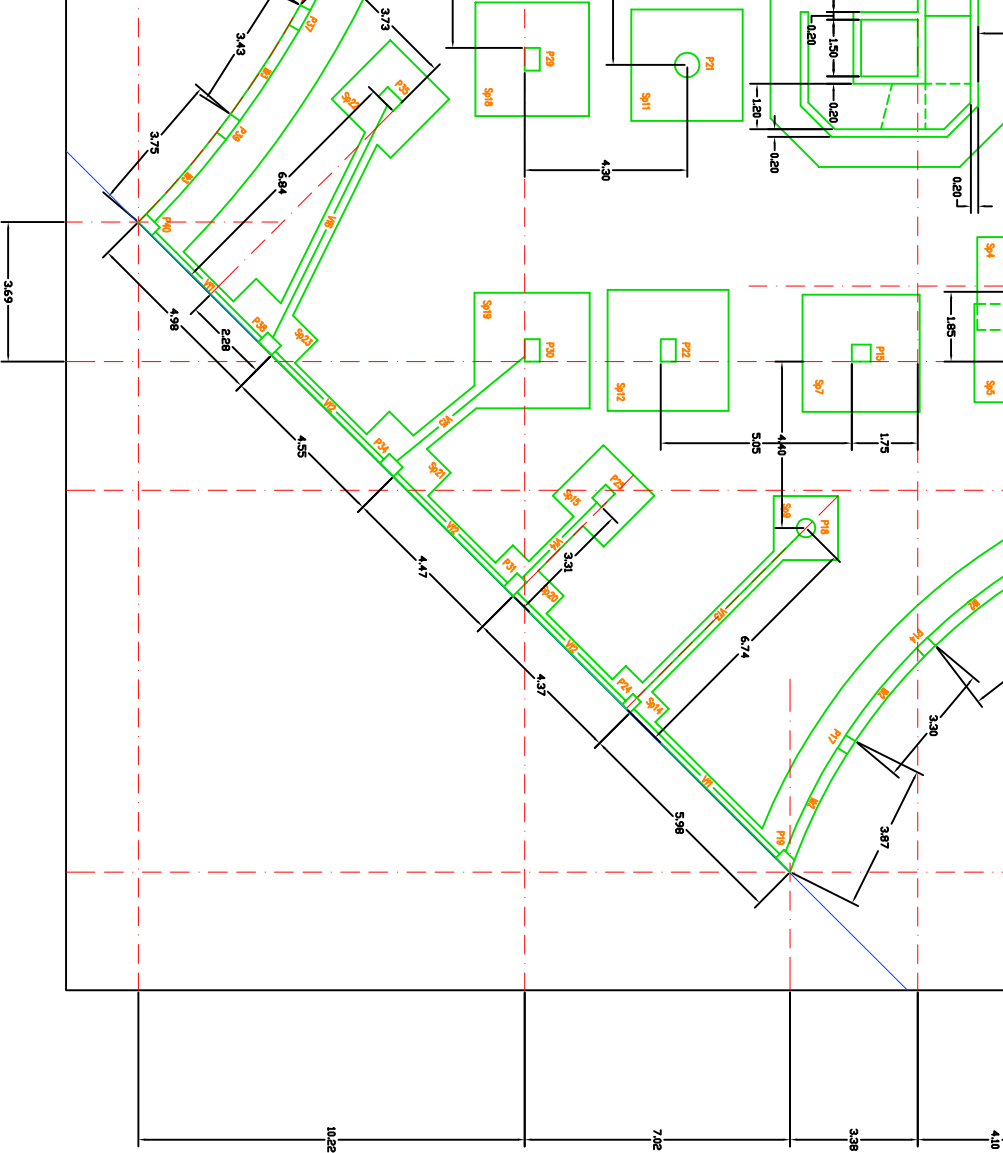
BETÃO ARMADO

Designação:

Planta de fundações com coordenadas topográficas

Substitui o desenho nº

Escalas: 1:200



**isep** Instituto Superior de  
Engenharia do Porto

Desenho nº  
**P0003**

Julho de 2012

DIPRE 2011/12

Especialidade:

BETÃO ARMADO

Designação:

Planta de fundações com implantação de  
elementos verticais

Substitui o desenho nº

Escala: 1:200



Instituto Superior de  
Engenharia do Porto

**P0004**

Julho de 2012

DIPRE 2011/12

Especialidade:

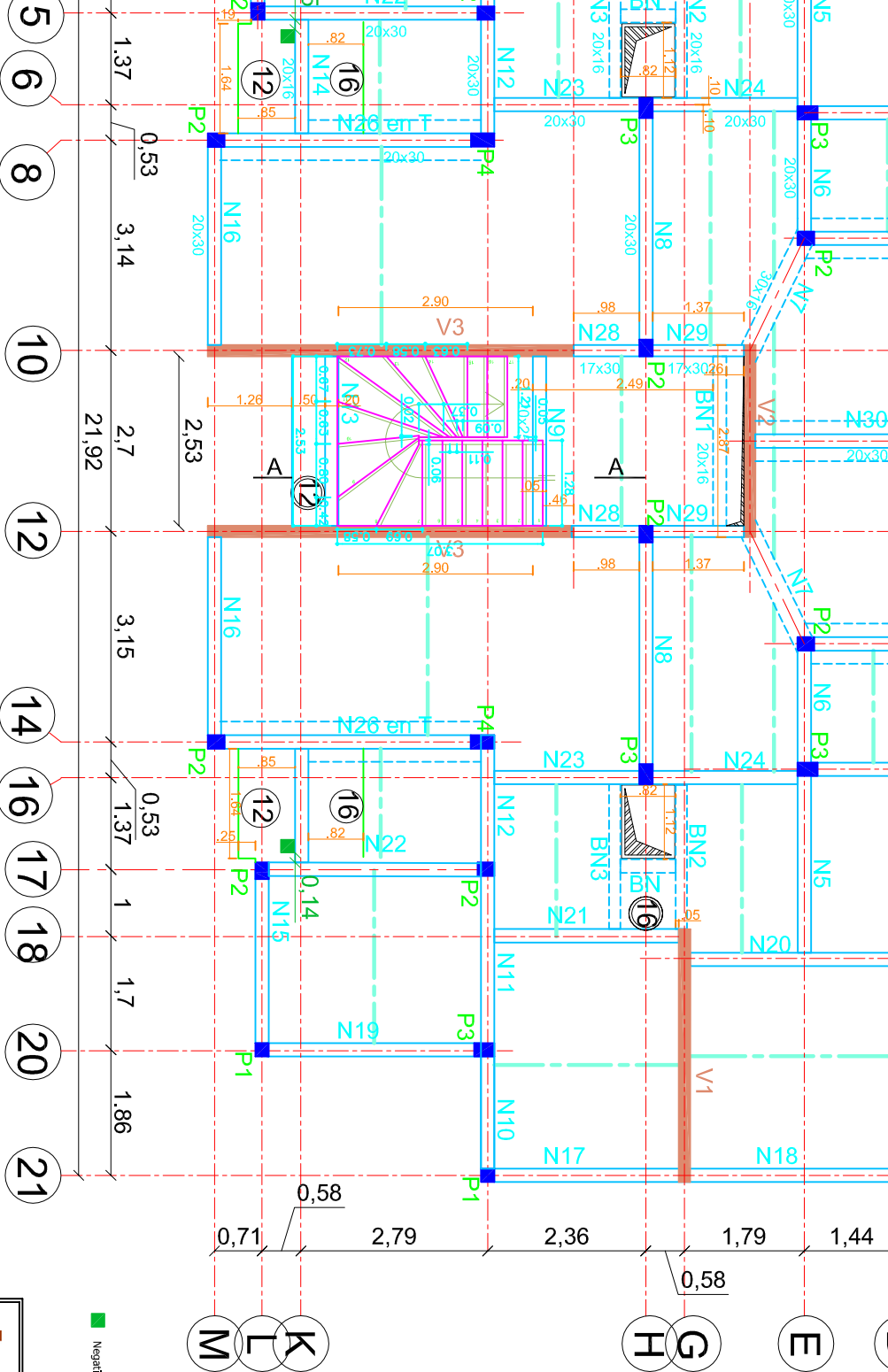
# BETÃO ARMADO

Designação:

## Planta de fundações com eixos de implantação

Substitui o desenho n°

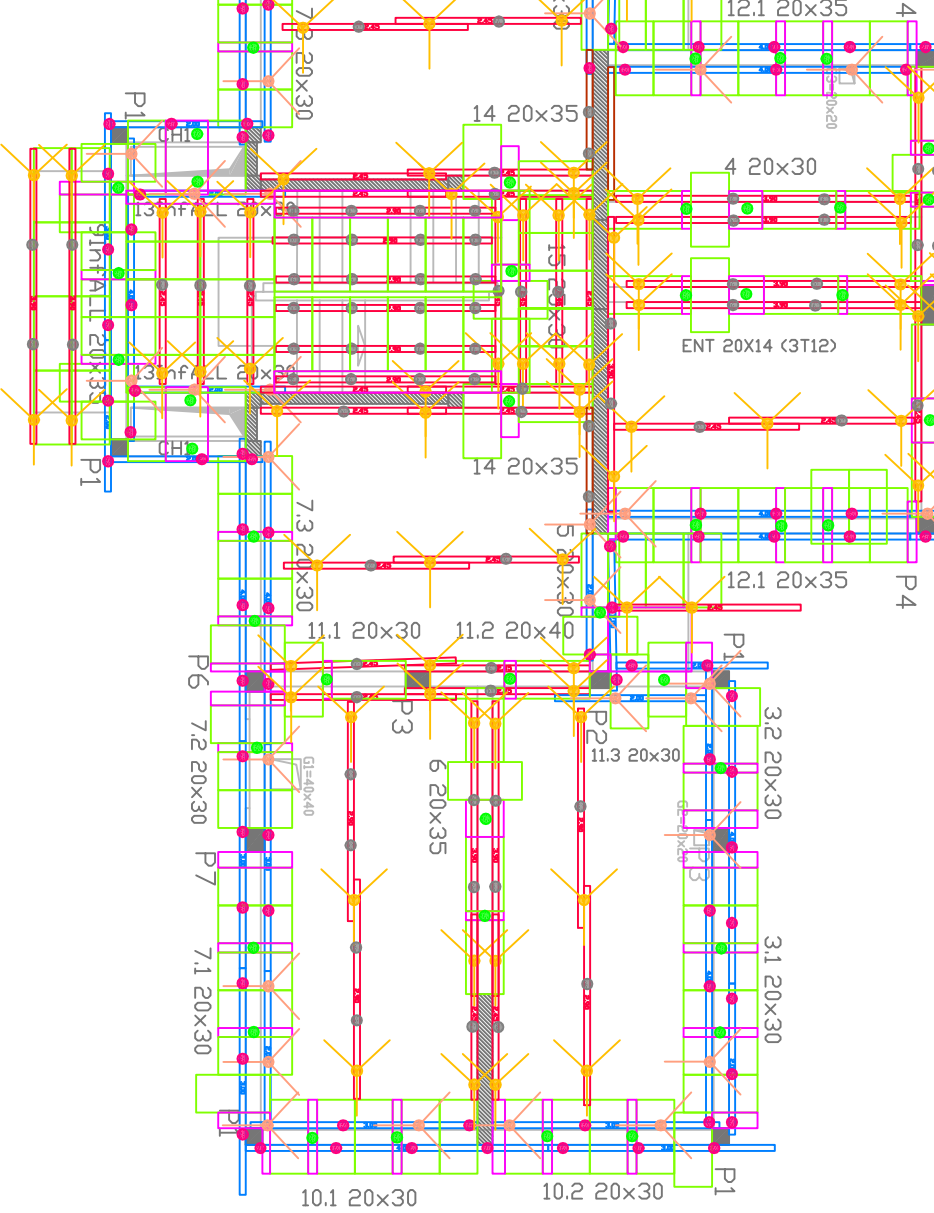
Escalas: 1:100



■ Negativo 20 x 20 cm

<b>isep</b> Instituto Superior de Engenharia do Porto		Desenho nº
		<b>P0005</b>
		Julho de 2012
		DIPRE 2011/12
Especialidade:		
BETÃO ARMADO		
Designação:		
Planta de eixos dos pisos superiores		
Substitui o desenho nº _____		Escala: 1:100





**isep** Instituto Superior de  
Engenharia do Porto

Desenho nº  
**P007**

Julho de 2012

DIPRE 2011/12

Especialidade:

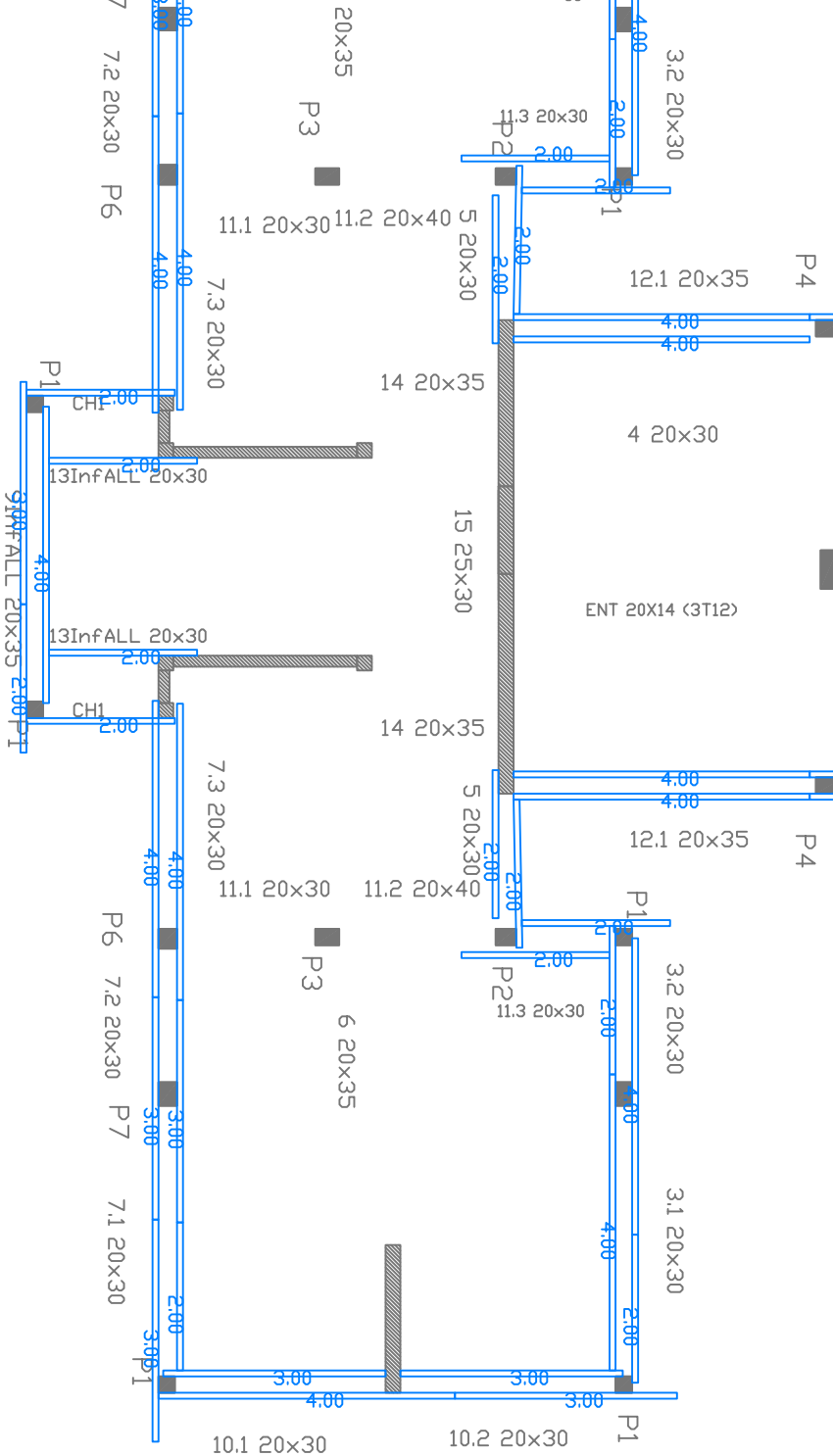
BETÃO ARMADO

Designação:

Planta de cofragem - laje aligeirada  
Conjunto

Substitui o desenho nº

Escala: 1:100



**isep** Instituto Superior de  
Engenharia do Porto

Desenho nº  
**P007.1**

Julho de 2012

DIPRE 2011/12

Especialidade:

BETÃO ARMADO

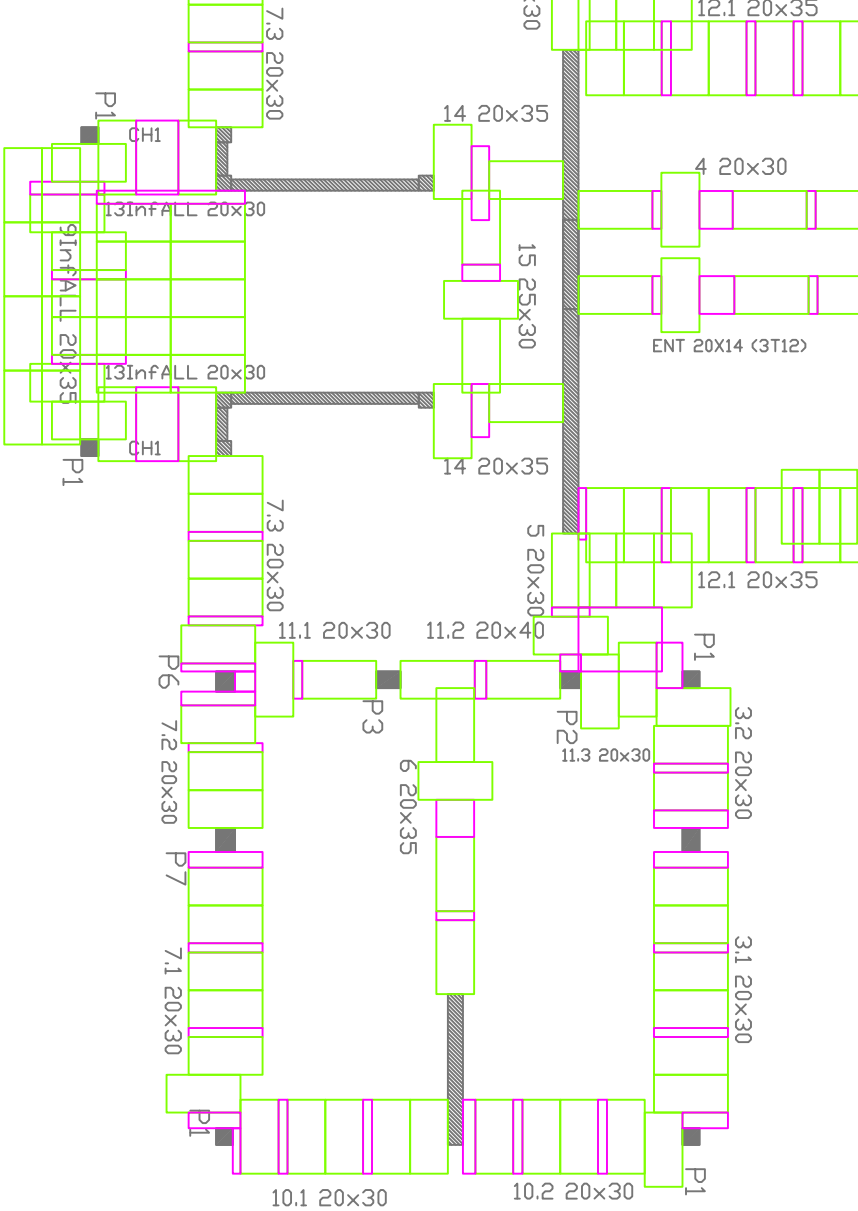
Designação:

Planta de cofragem - laje aligeirada  
Vigas "ALSINA"

Substitui o desenho nº

Escala: 1:100





SUPORTE ALSINA C/ PRUMO DOKA P/ POS-ESCORAMENTO  
 PANEL DE SUPORTE C/ 0,98X0,20m C/ PRUMO DOKA P/ POS-ESCORAMENTO  
 ALSINA  
 DOKA  
 TRIPE ALSINA

**isep** Instituto Superior de  
 Engenharia do Porto

Desenho nº  
**P007.2**

Julho de 2012

DIPRE 2011/12

Especialidade:

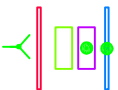
BETÃO ARMADO

Designação:


Planta de cofragem - laje aligeirada  
 Fundos de viga

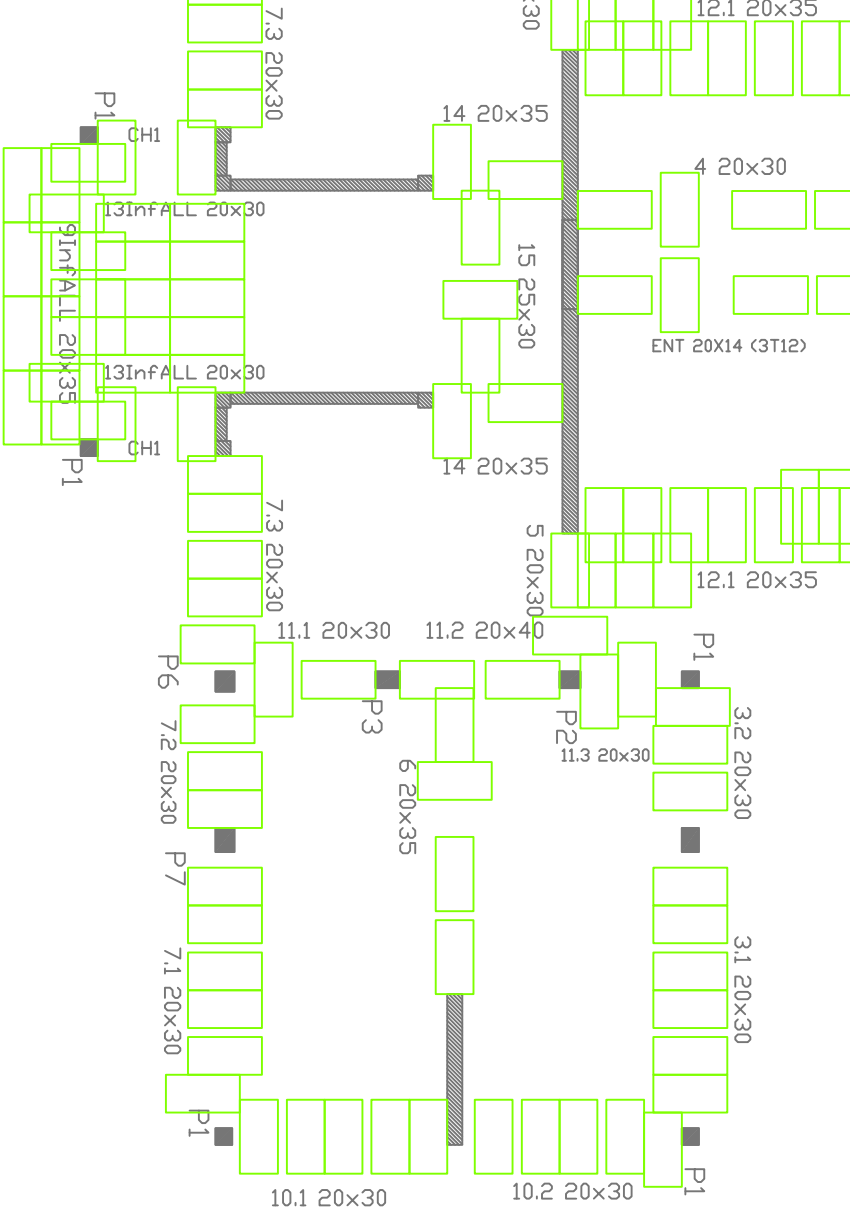
Substitui o desenho nº

Escala: 1:100



TRIPÉ ALSINA

		Desenho n.º <b>P007.3</b>
		Julho de 2012
		DIPRE 2011/12
Especialidade:		
BETÃO ARMADO		
Designação:		
Planta de cofragem - laje aligeirada		
Vigas "Doka"		
Substitui o desenho n.º _____	Escalas: 1:100	



Especialidade:

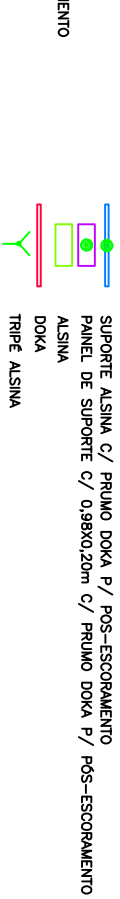
BETÃO ARMADO

Designação:

Planta de cofragem - laje aligeirada  
Painéis "Alsina"

Substitui o desenho nº

Escala: 1:100

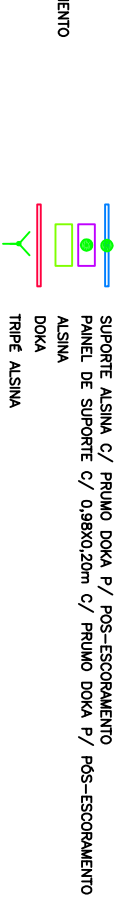
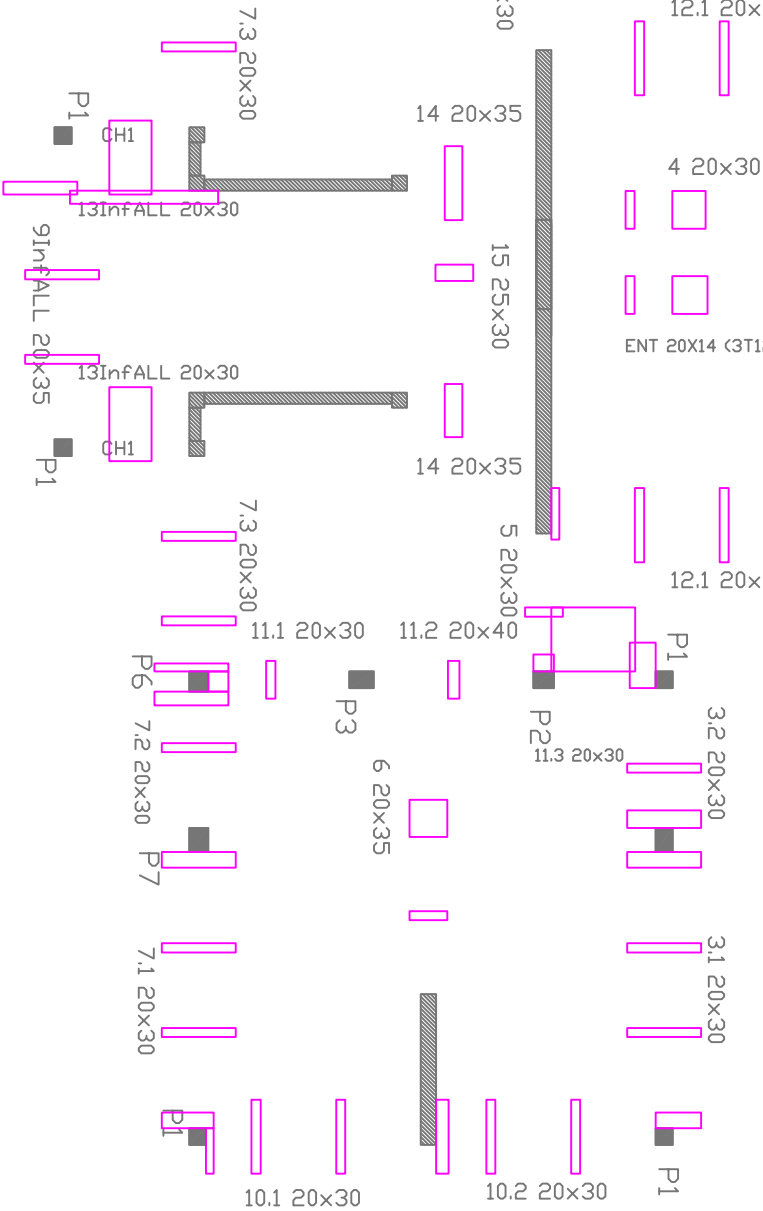


Desenho nº	<b>P007.5</b>
Julho de 2012	
DIPRE 2011/12	

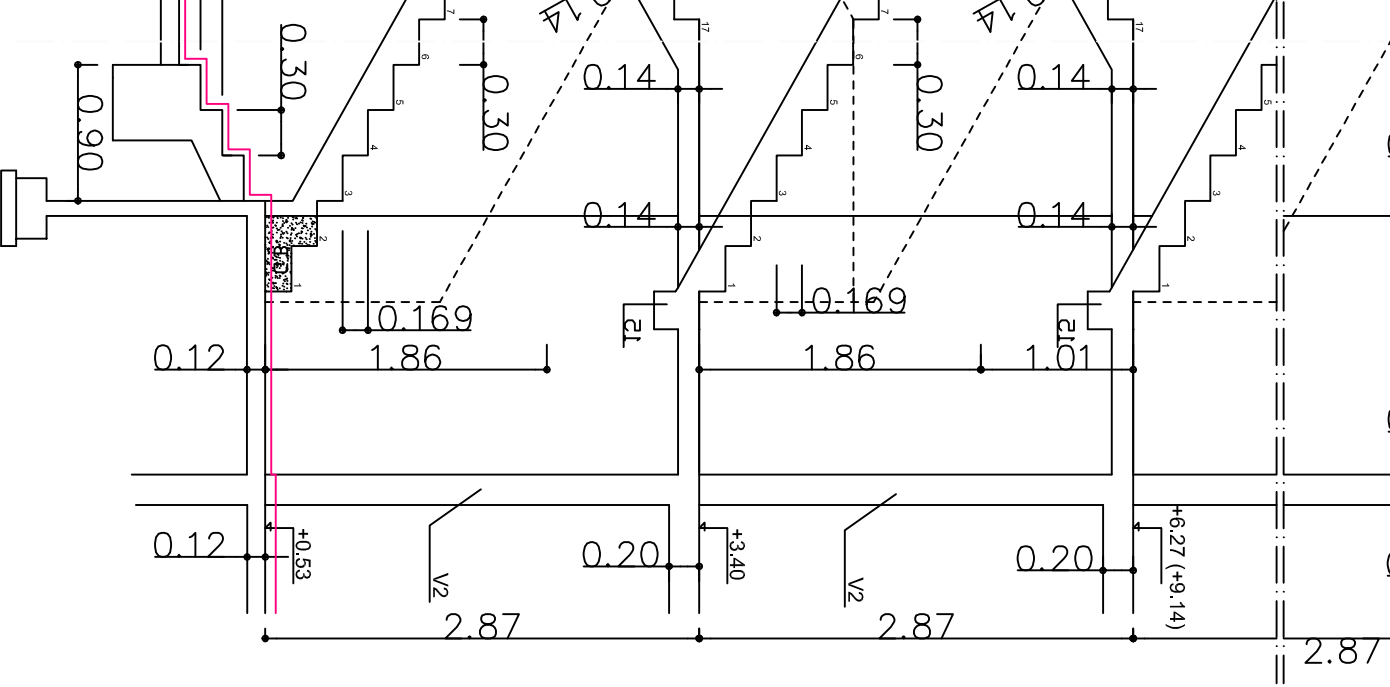
# BETÃO ARMADO

# Planta de cofragem - laje aligeirada Vigas de madeira tradicional

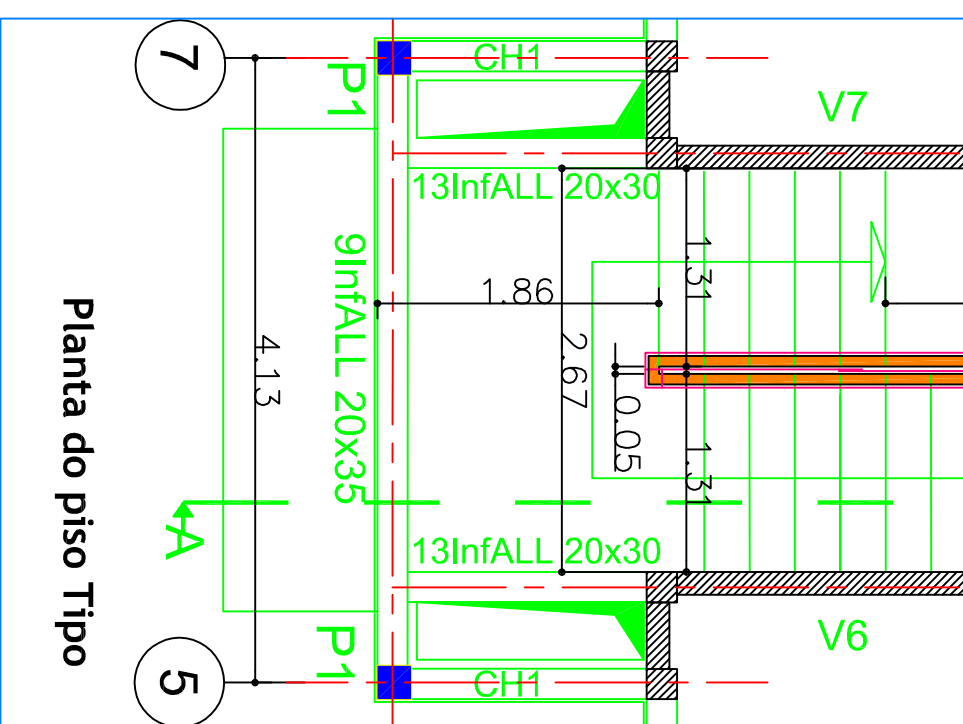
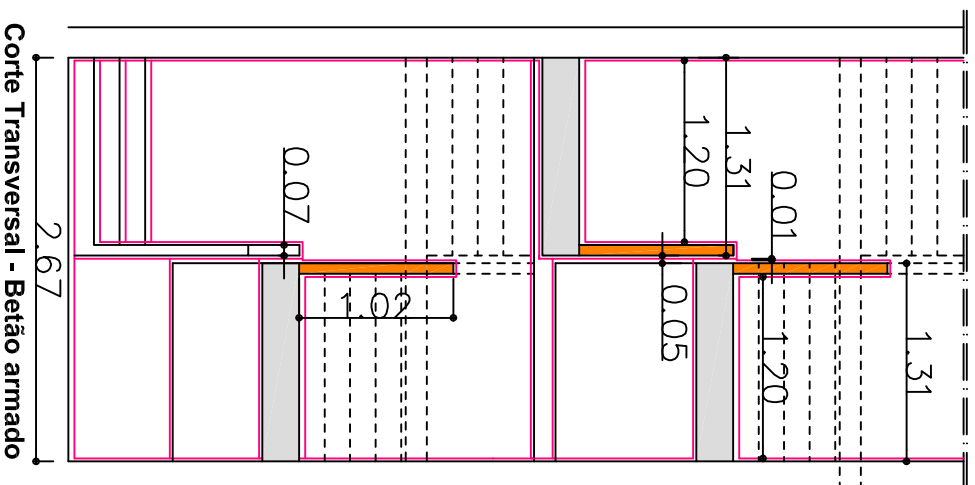
Escalas: 1:100



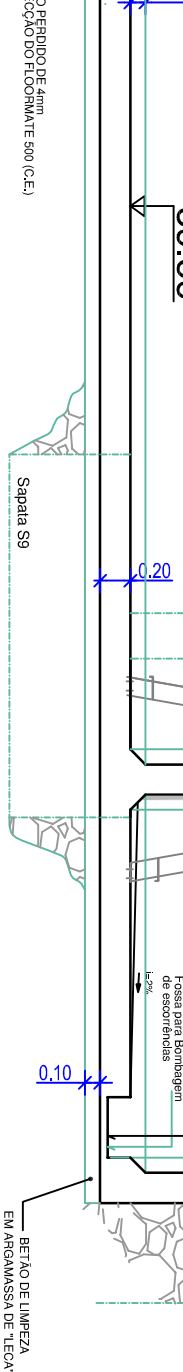
<div><div>isep</div><div>Instituto Superior de Engenharia do Porto</div></div>		Desenho nº
		<b>P007.6</b>
		Julho de 2012
		DIPRE 2011/12
Especialidade:		
BETÃO ARMADO		
Designação:		
Planta de cofragem - laje aligeirada		
Cofragem tradicional		
Substitui o desenho nº		Escalas: 1:100



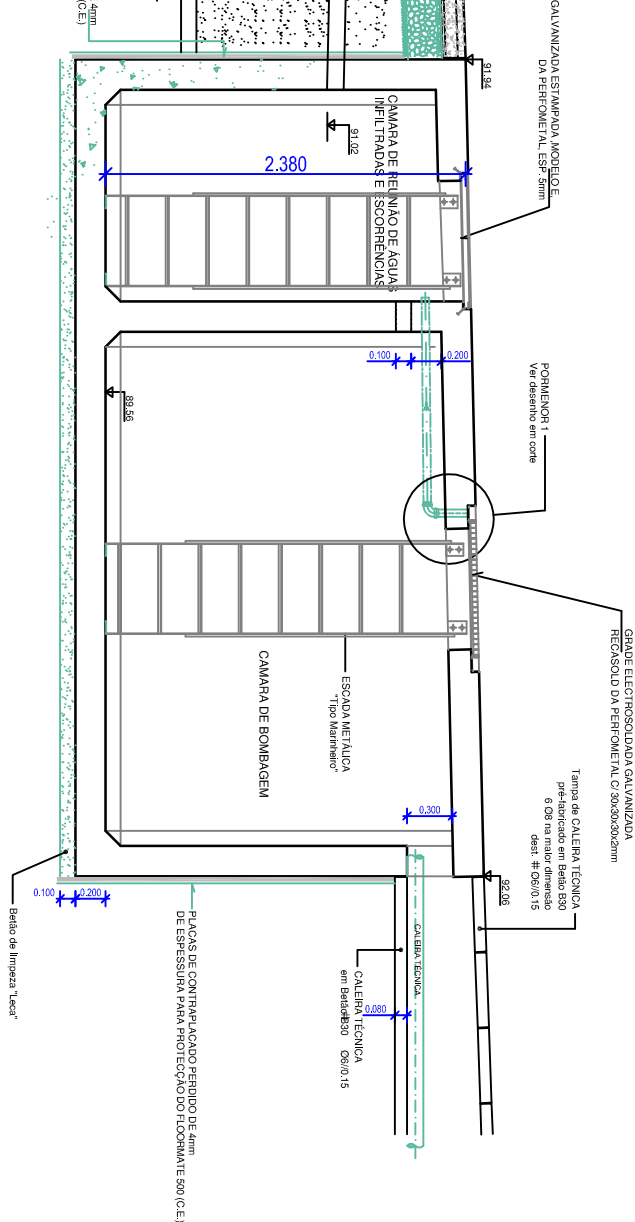
Avenaria de tijolo com 7 cm de esp.
   
 Betão armado
   
 final



<b>isep</b> Instituto Superior de Engenharia do Porto		Desenho nº <b>P0008</b>
Especialidade: BETÃO ARMADO		Julho de 2012 DIPRE 2011/12
Designação: Preparação da caixa de escadas		
Substitui o desenho nº		Escalas: 1:50



CORTE LONGITUDINAL



CORTE TRANSVERSAL

Especialidade:

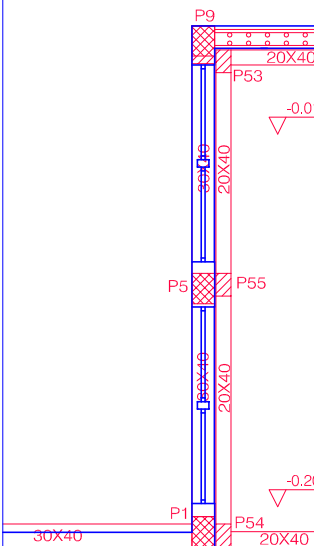
BETÃO ARMADO

Designação:

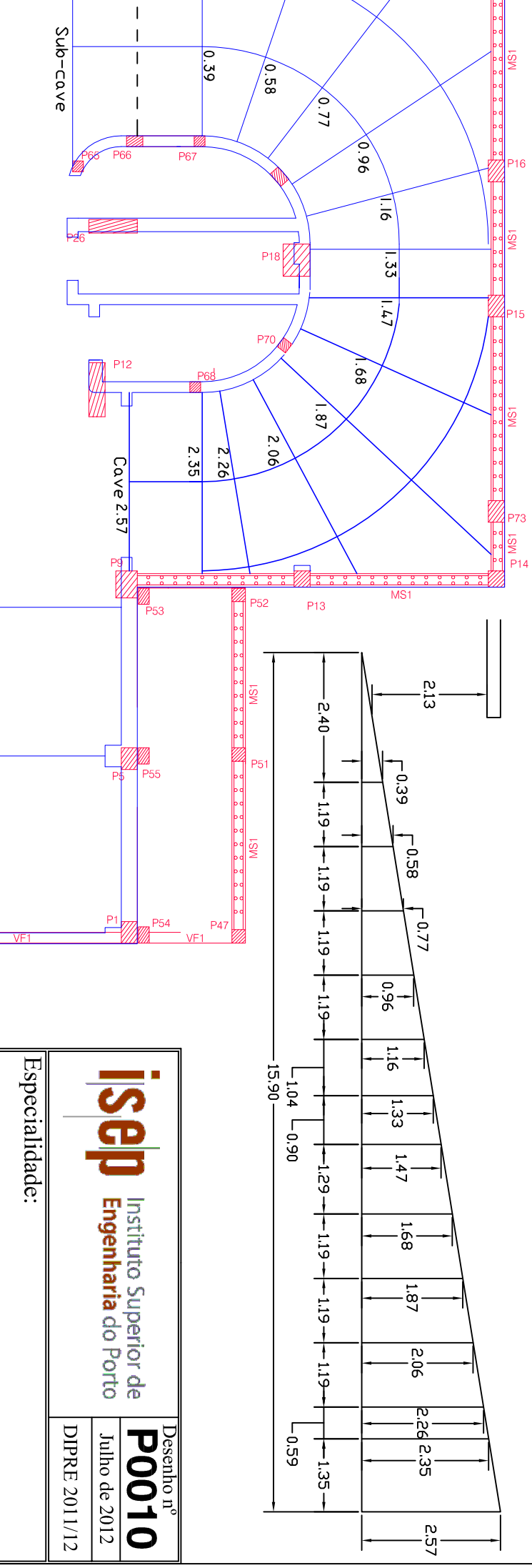
Pormenorização de reservatório enterrado

Substitui o desenho nº


Escala: 1:50



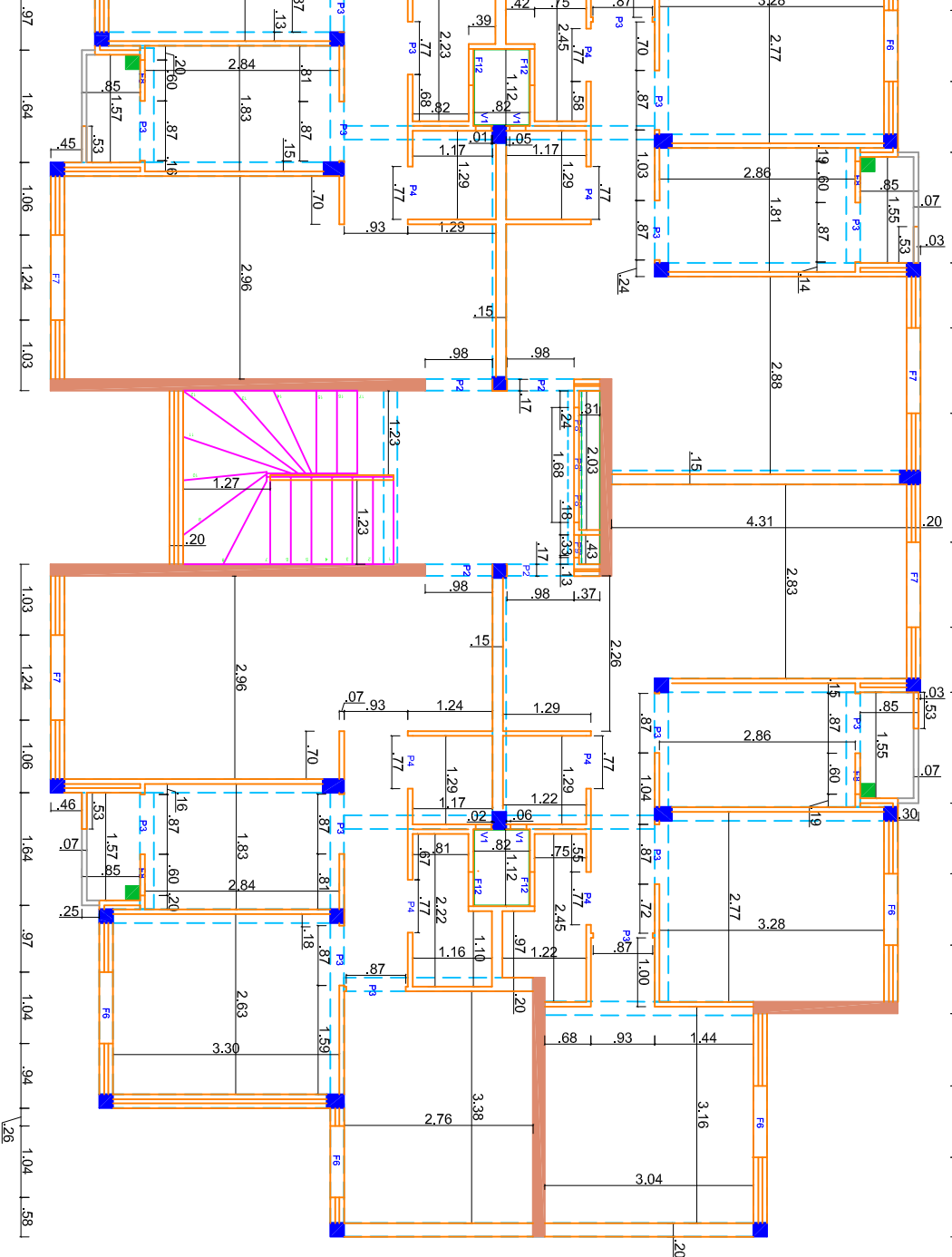
**Rampa da cave/piso 1 (r/c)**



## Rampa da sub-cave/cave

		Desenho nº <b>P0010</b>
Especialidade:		Julho de 2012
BETÃO ARMADO		DIPRE 2011/12
Designação:		
Pormenorização das rampas de acesso às caves		
Substitui o desenho nº _____		Escalas: 1:100





■ Reservação 20 x 20 cm

**isep** Instituto Superior de  
Engenharia do Porto

Desenho nº  
**P0011**

Julho de 2012

DIPRE 2011/12

Especialidade:

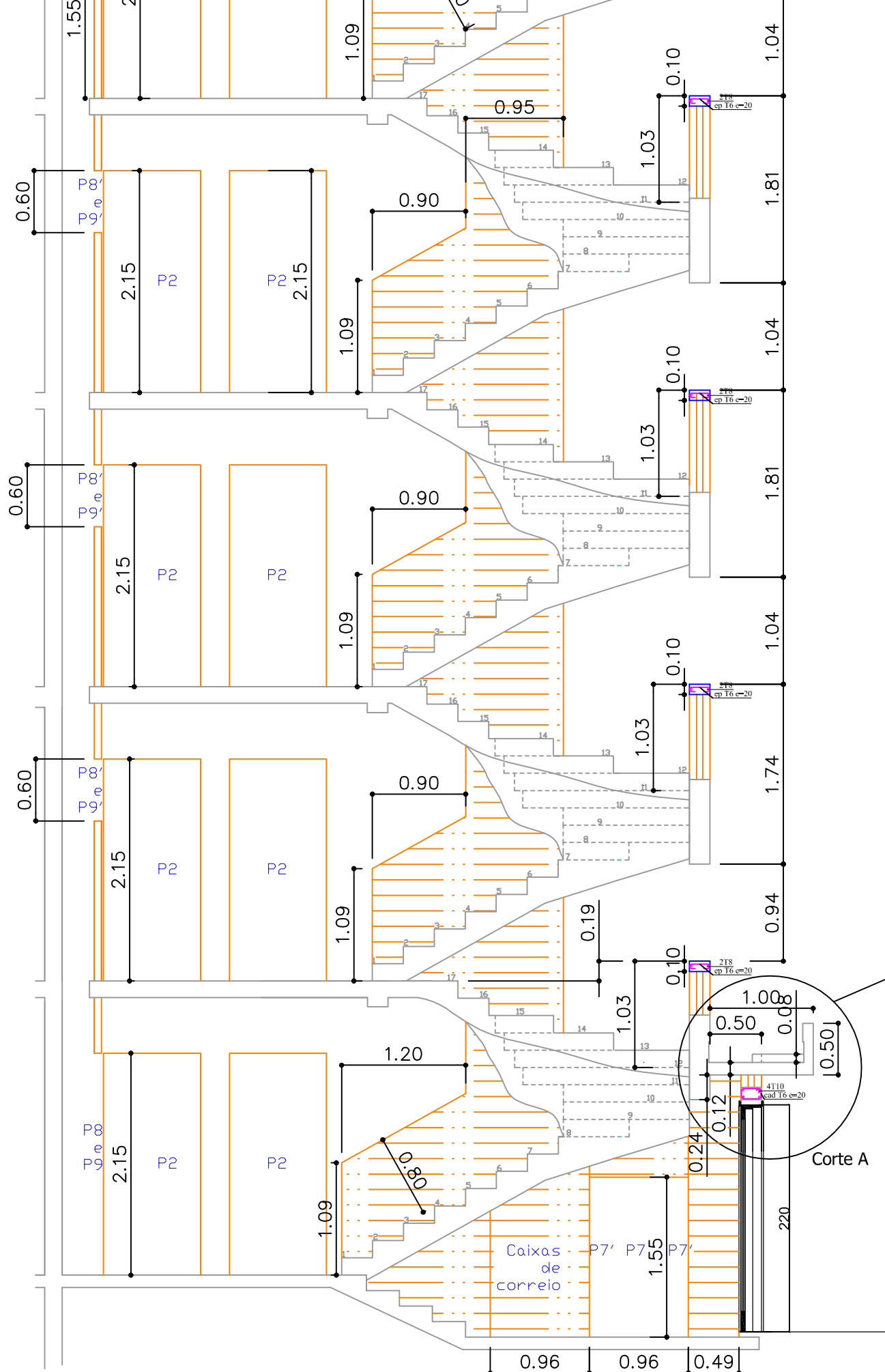
ALVENARIAS

Designação:

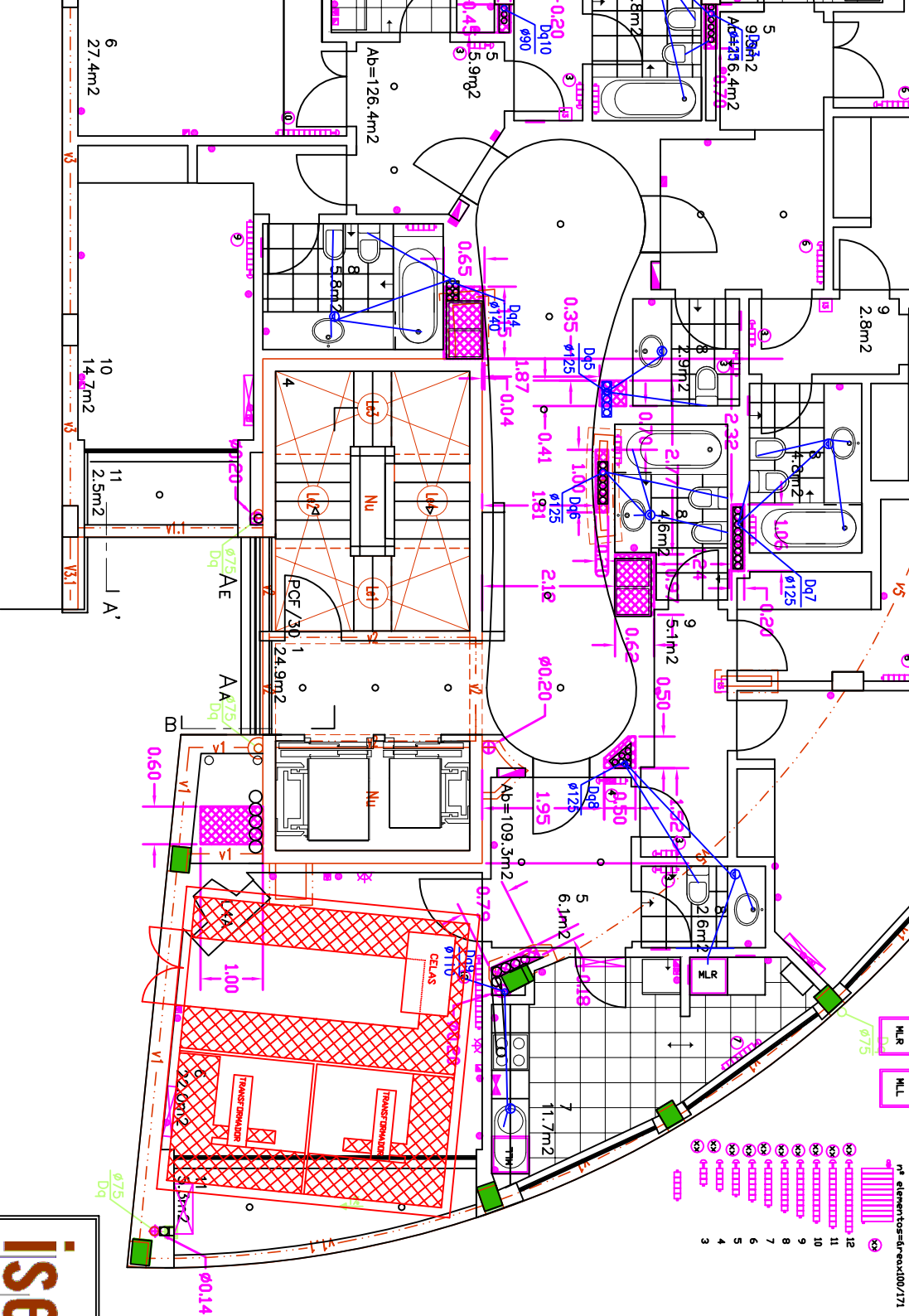
Planta de Alvenarias - Piso Tipo

Substitui o desenho nº \_\_\_\_\_

Escala: 1:100



**Alvenarias da caixa de escadas - Corte tipo**



**isep** Instituto Superior de  
Engenharia do Porto

Desenho nº  
**P0013**

Julho de 2012

DIPRE 2011/12

Especialidade:

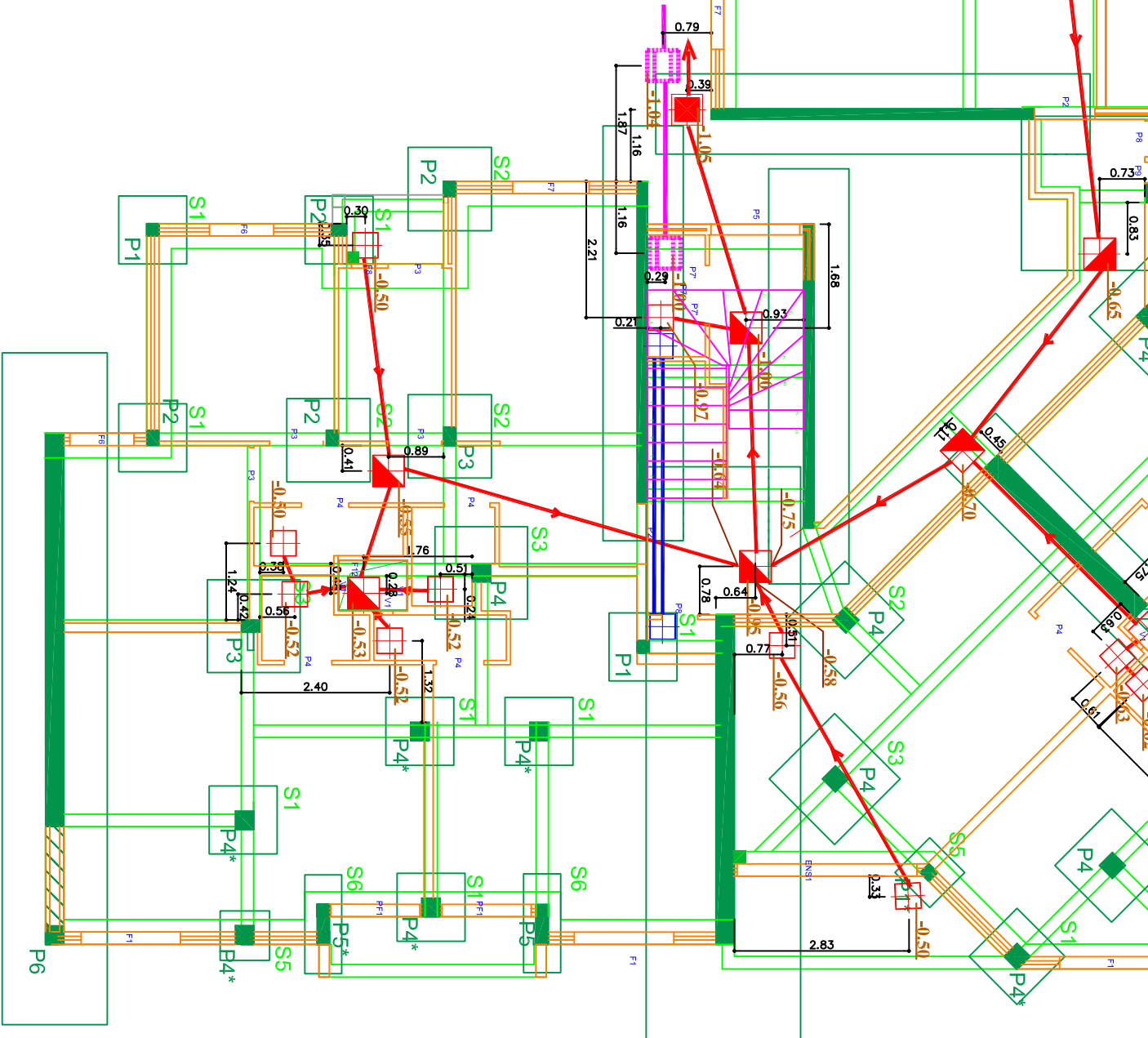
ESPECIALIDADES - Compatibilização

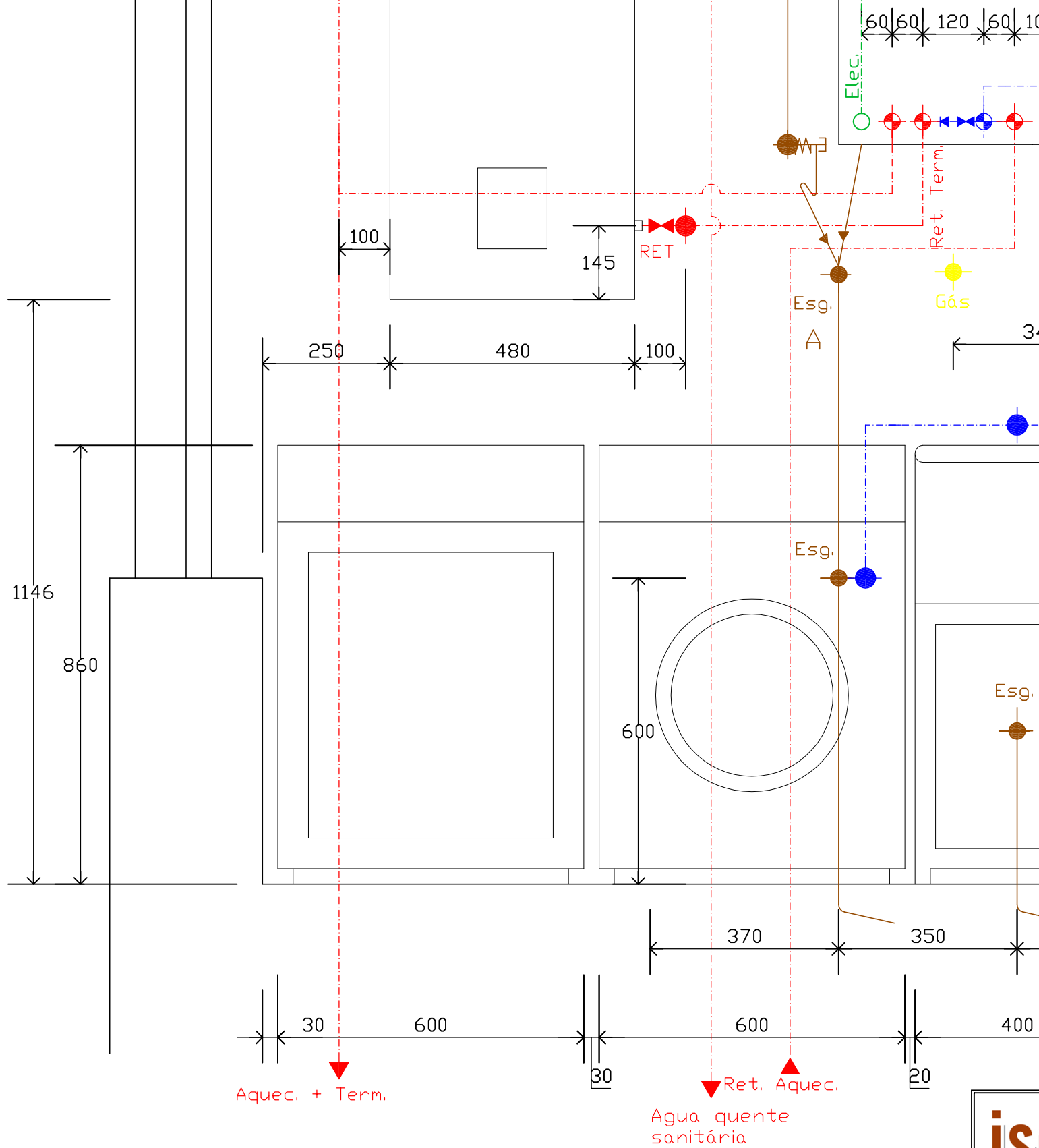
Designação:

Sobreposição das plantas das diversas  
especialidades

Substitui o desenho nº

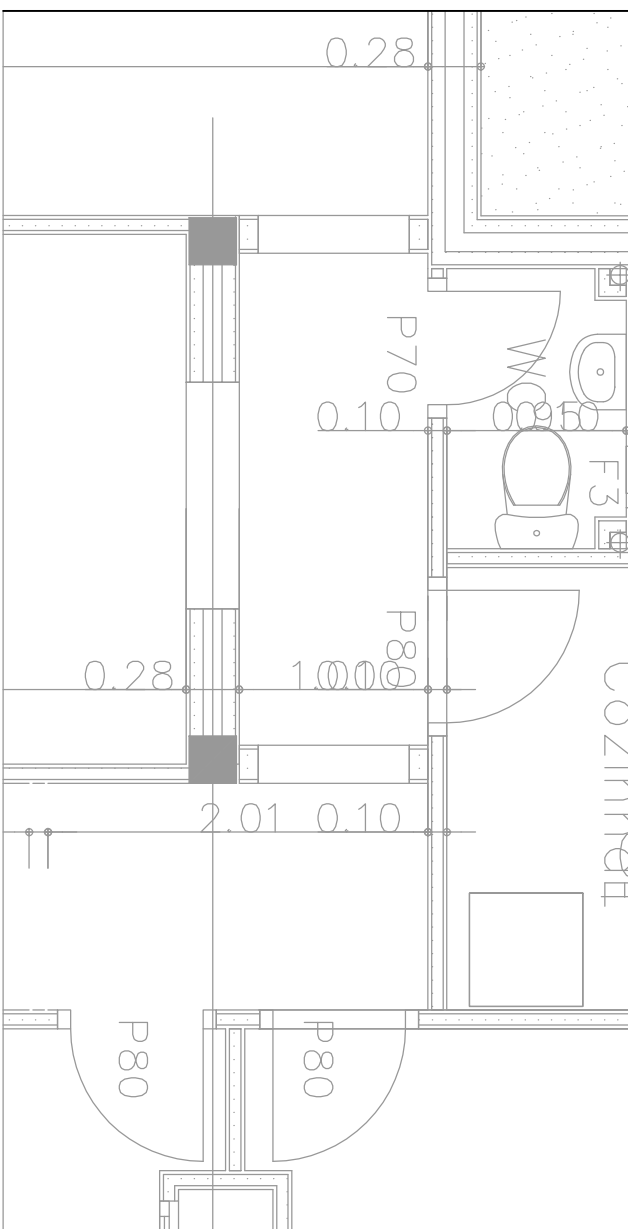
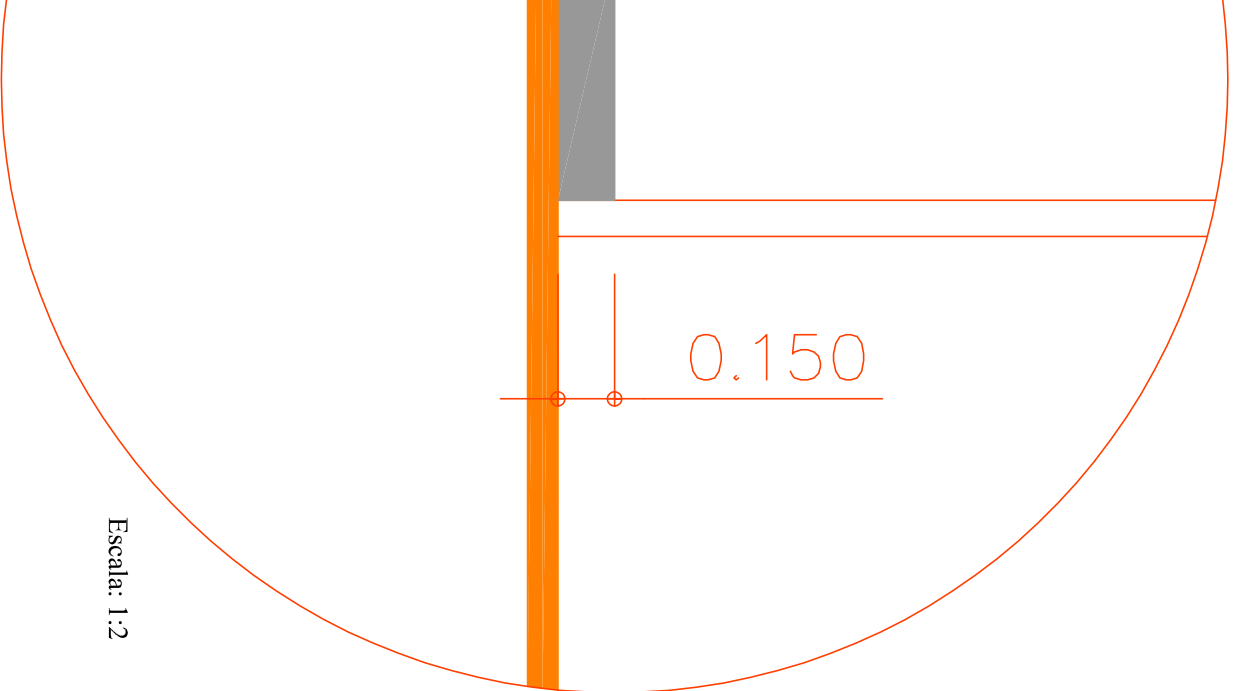
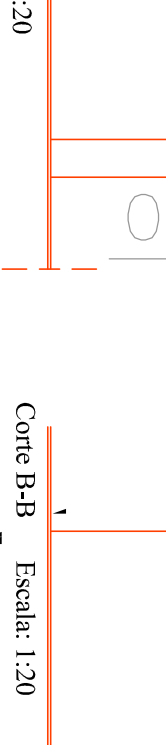
Escala: 1:100



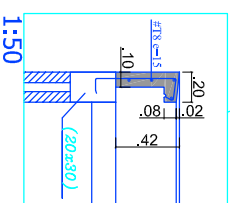
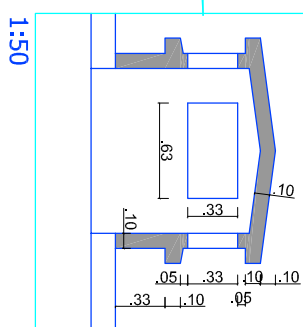
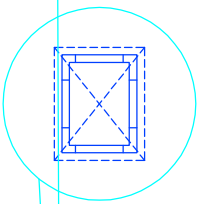
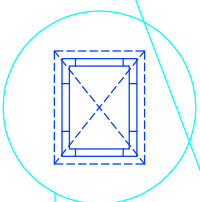
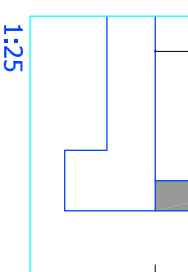


A - Esgoto com ponta roscada de diâm. 3/4"

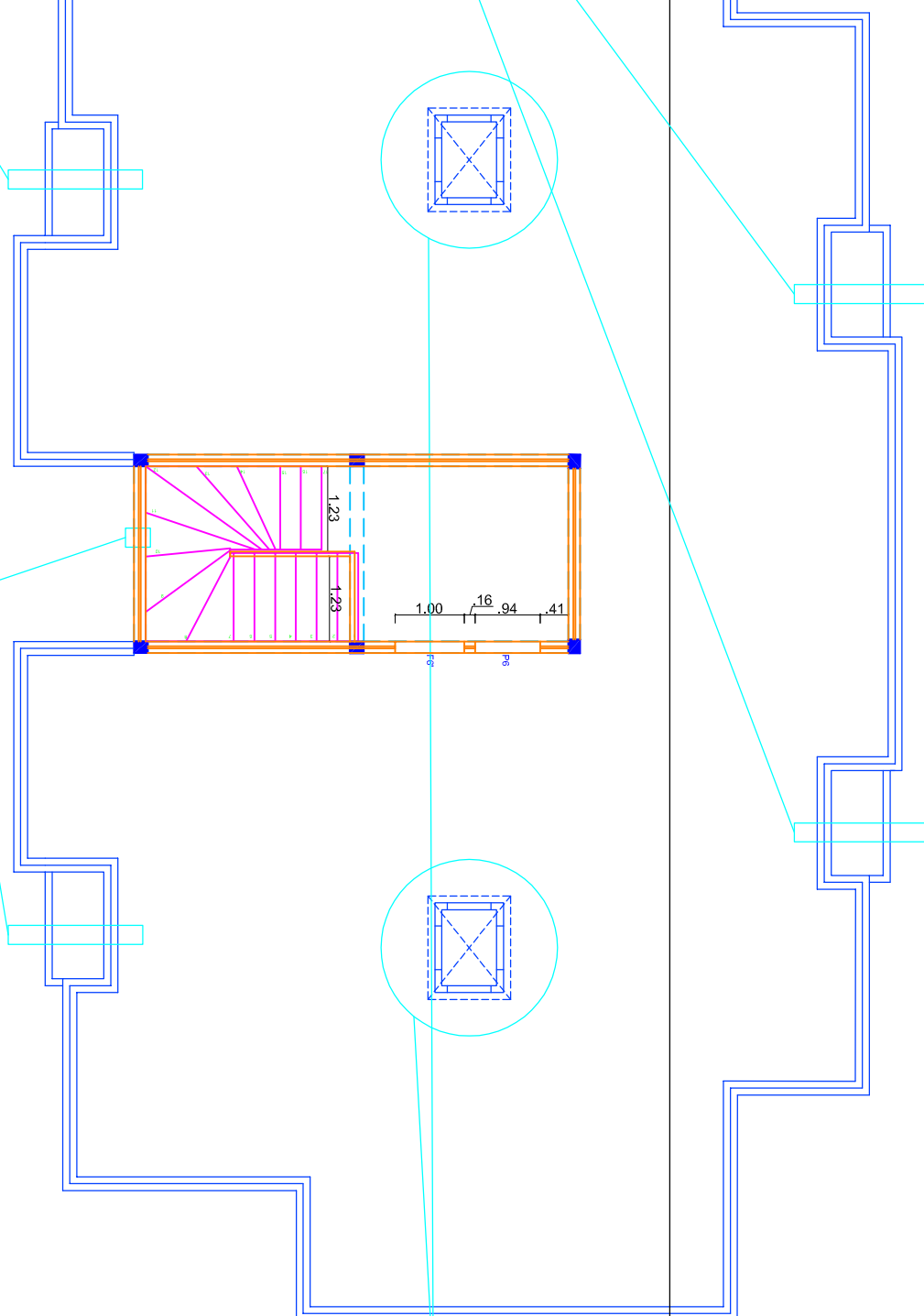
is
Especi
Design
Layo
Substitu



<b>isep</b> Instituto Superior de Engenharia do Porto		Desenho nº
		<b>P0016</b>
		Julho de 2012
		DIPRE 2011/12
Especialidade:		
ESPECIALIDADES		
Designação:		
Layout tipo de zonas de serviço		
Substitui o desenho nº		Escalas: as ind.



B



**isep** Instituto Superior de Engenharia do Porto

Desenho nº **P0017**  
Julho de 2012  
DIPRE 2011/12

Especialidade:

DIVERSOS

Designação:

Planta e pormenorização de coberturas

Substitui o desenho nº

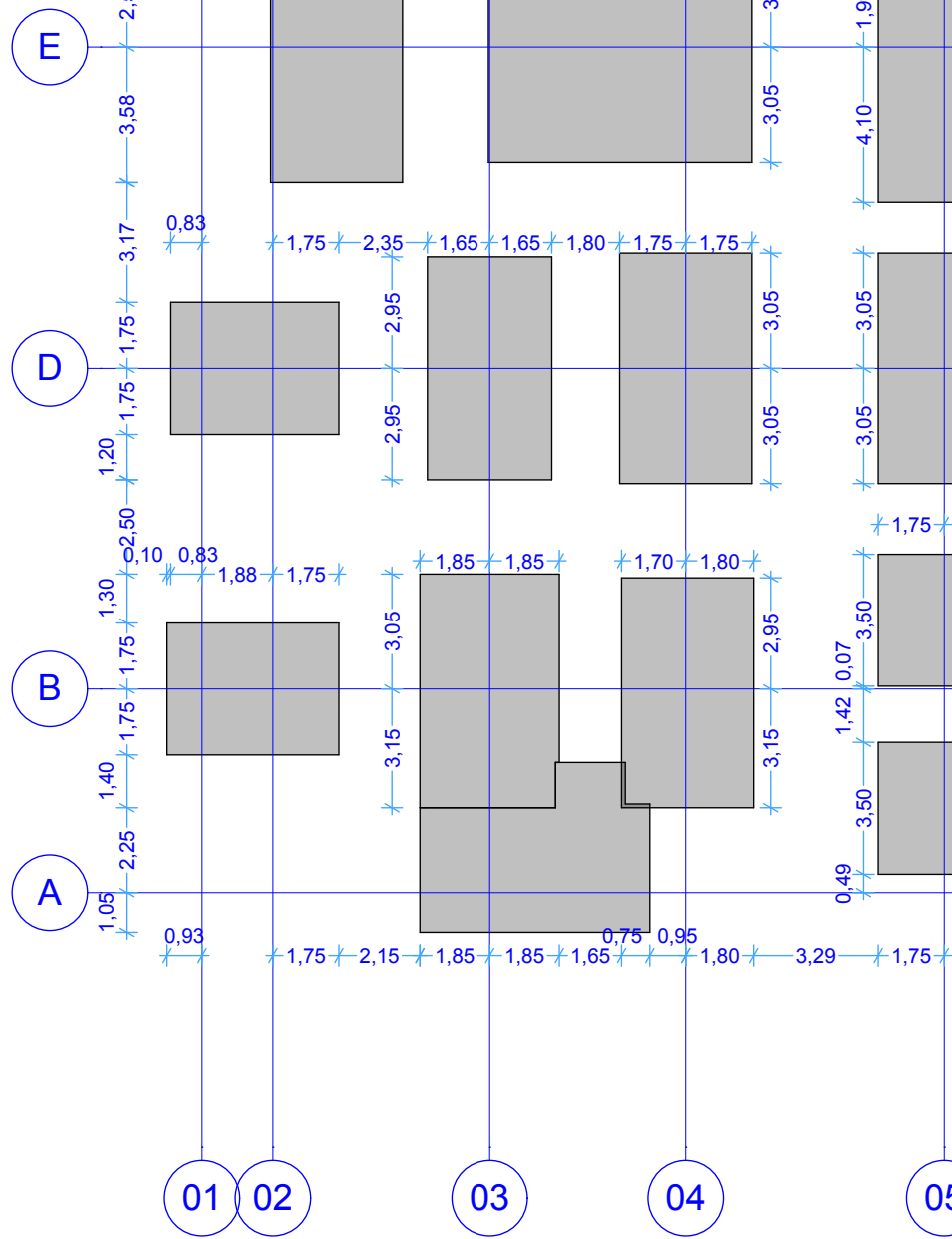
Escala: as ind

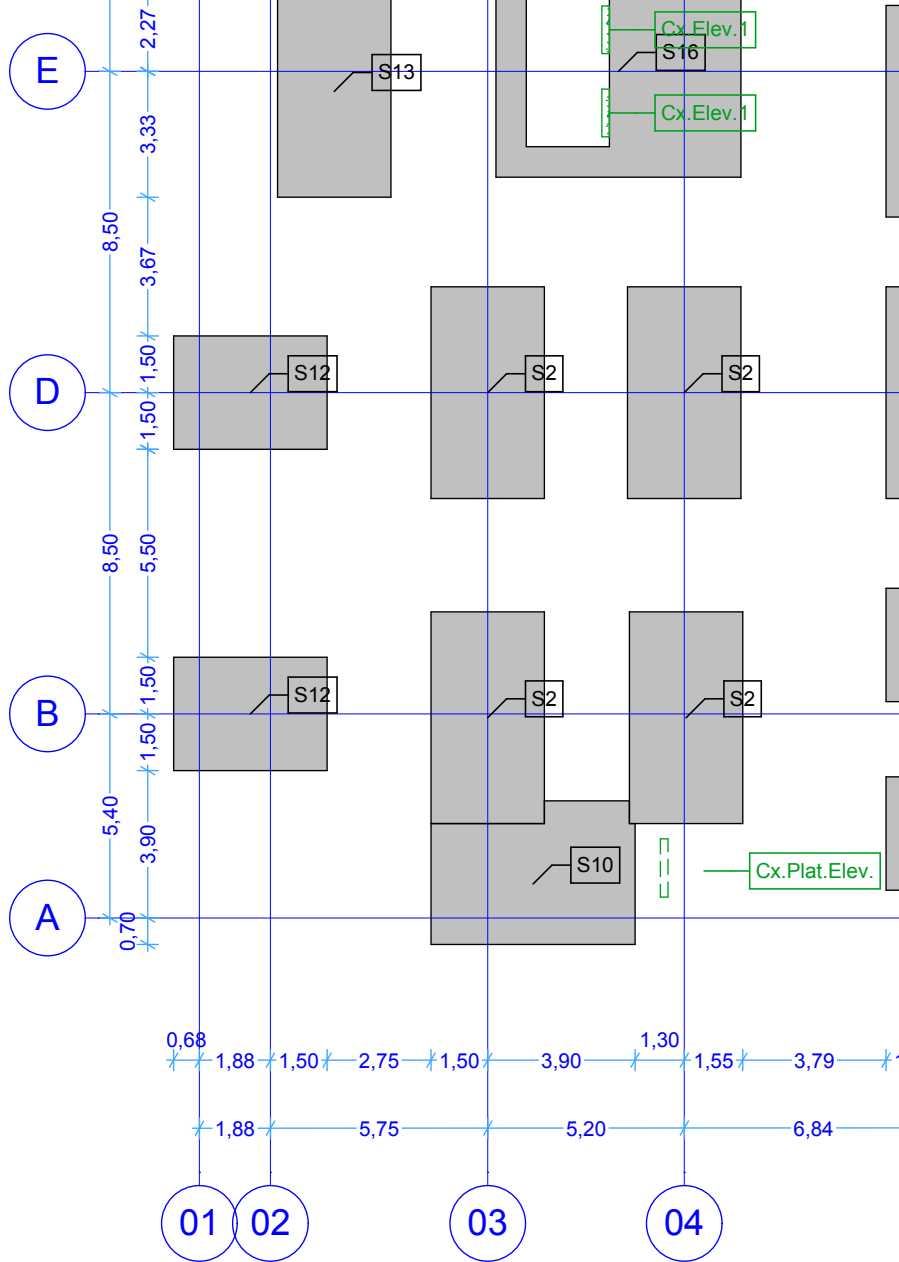
Anexo 18 a 39 – Desenhos de preparação de obra extraídos experimentalmente do modelo

BIM [Fonte: Mota-Engil]

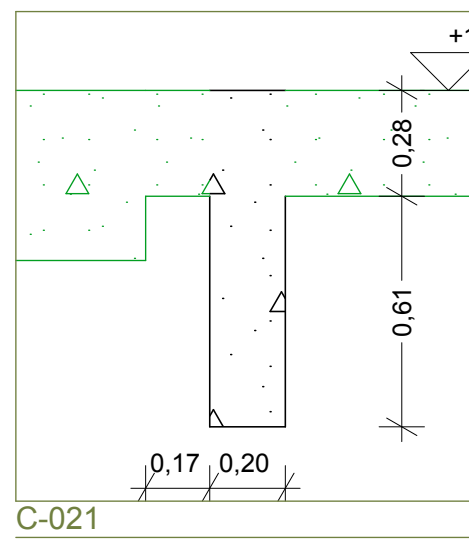
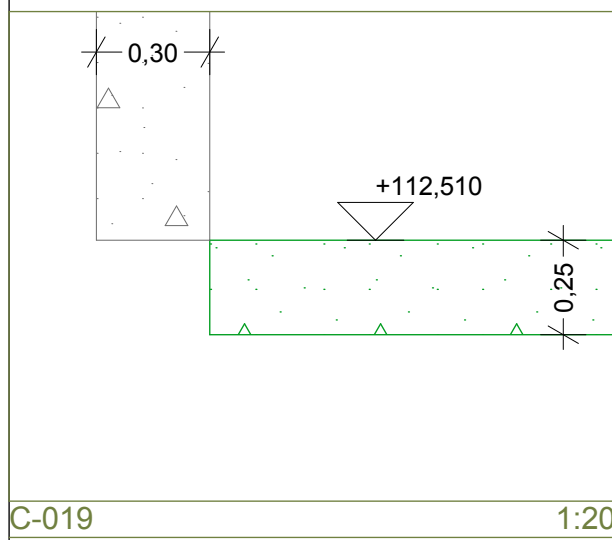
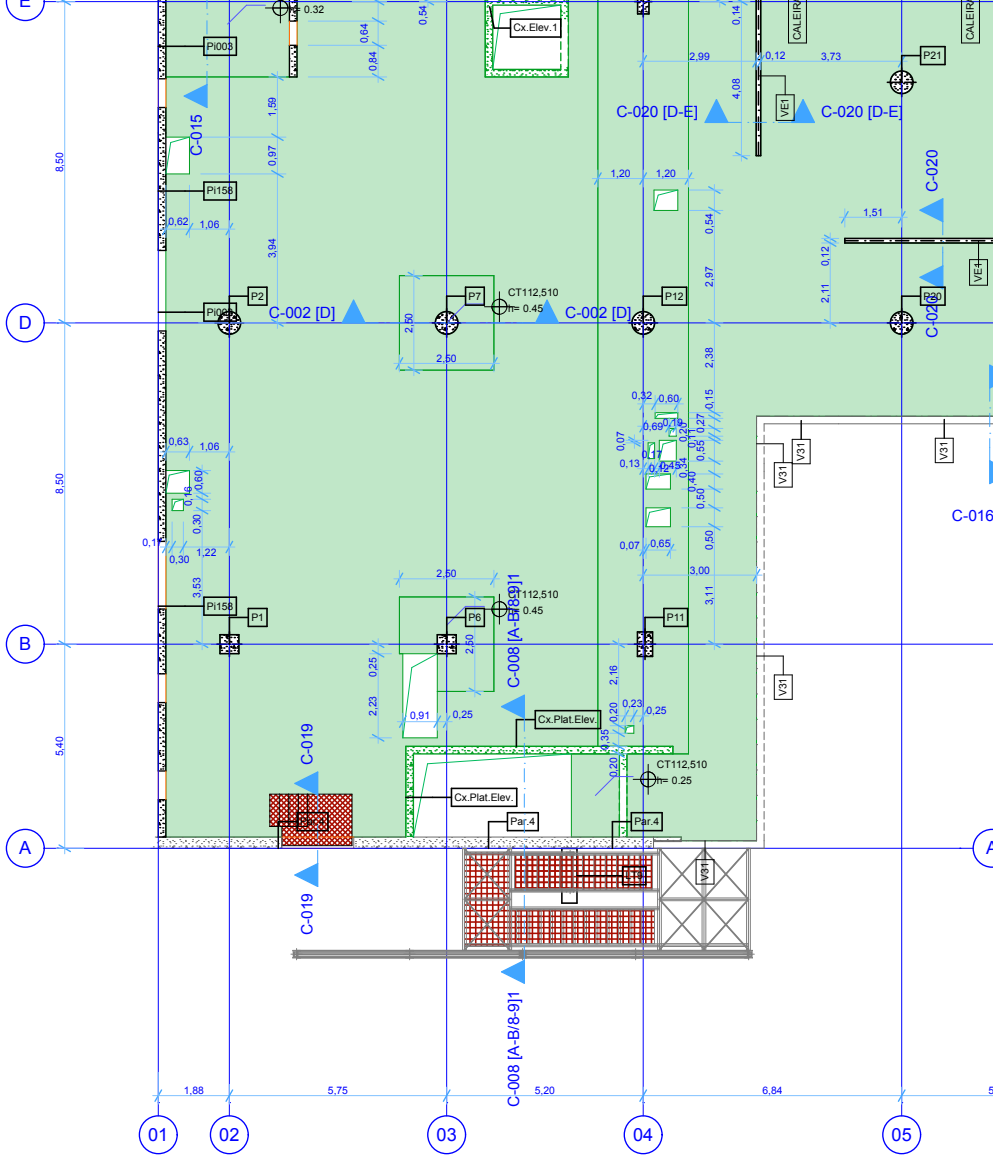


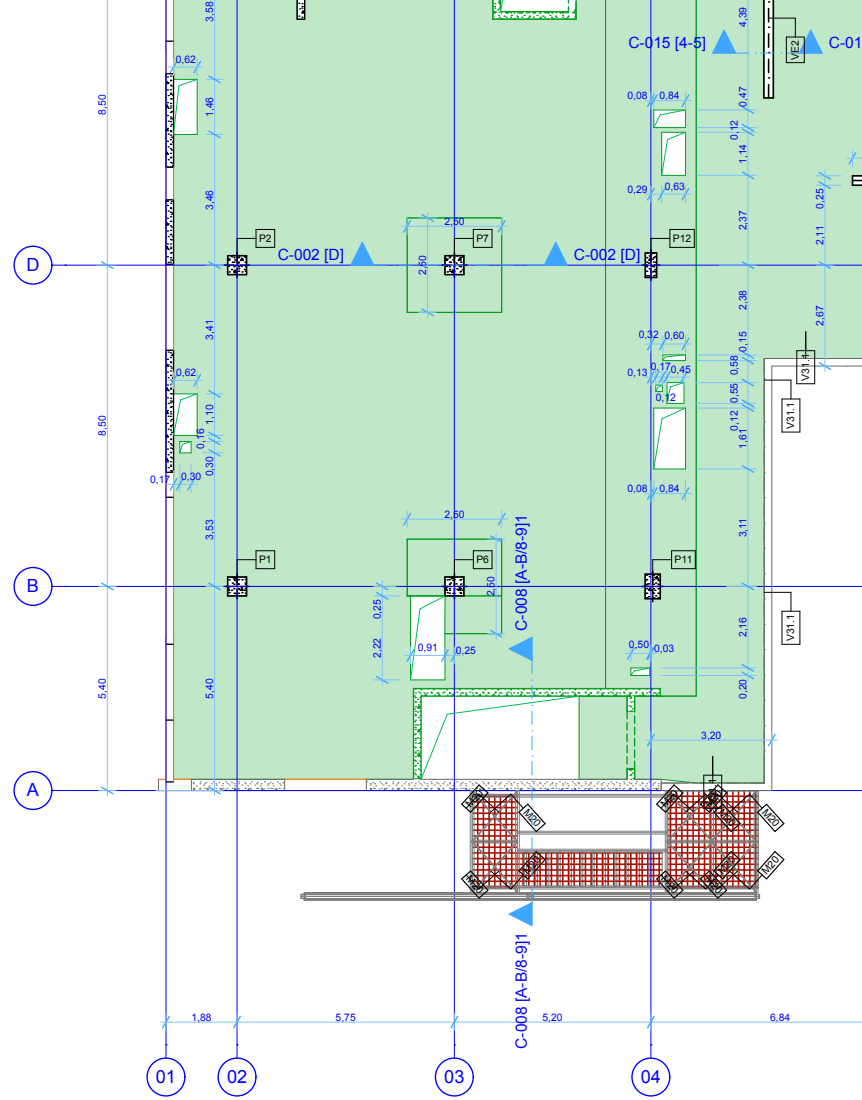
0101



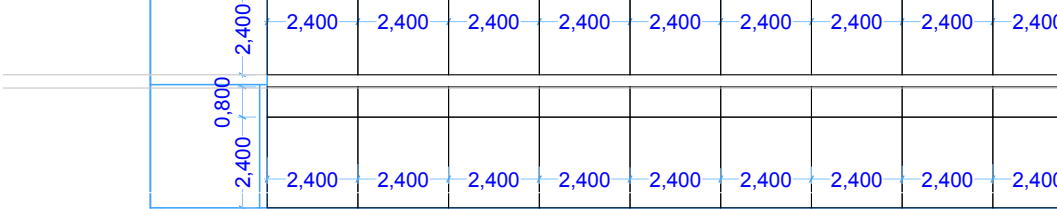


0102

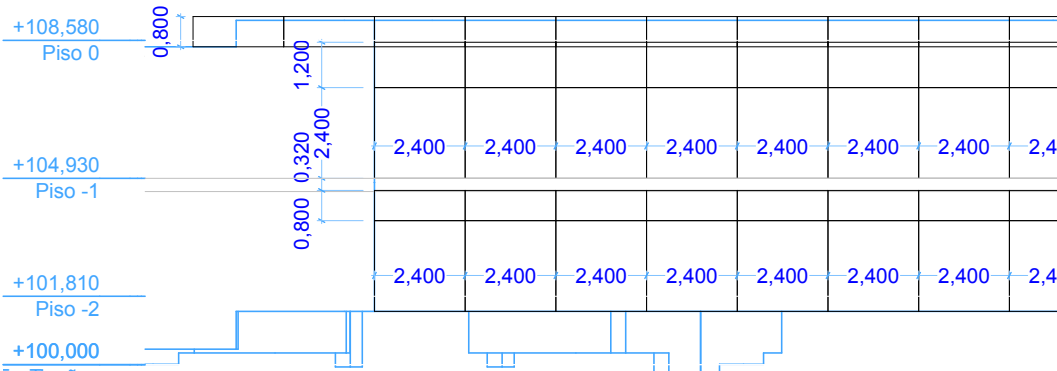




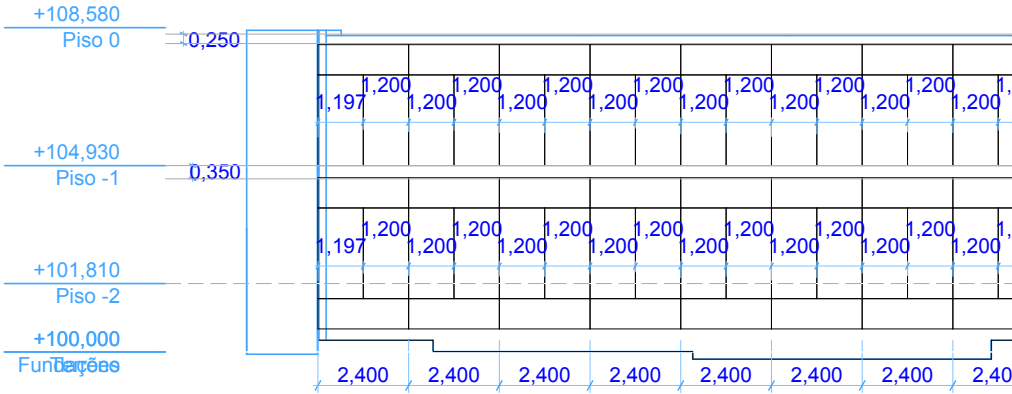
0201.4



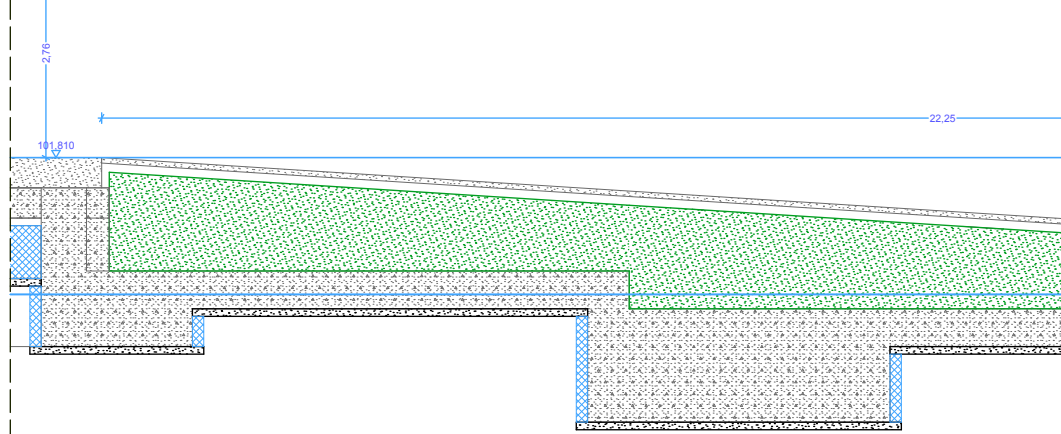
0202.5



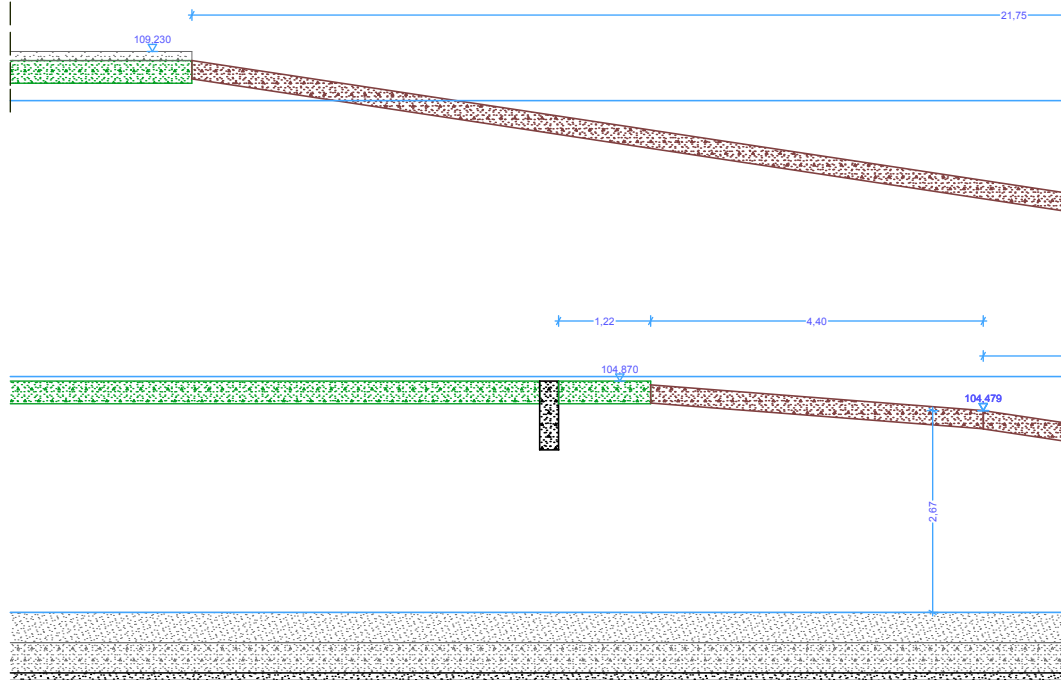
0202.3



0202.1

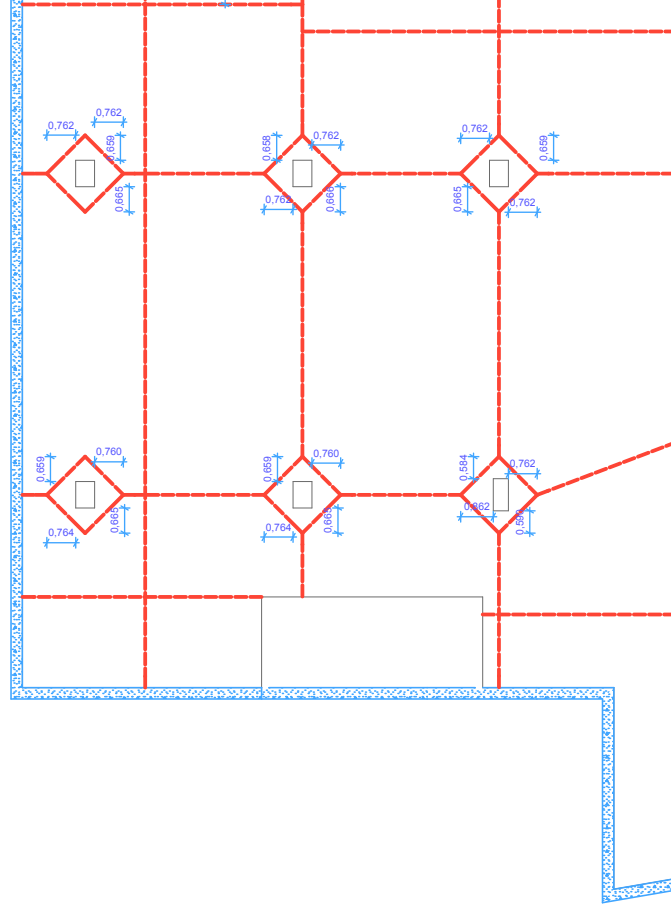


### Rampa 3



### Rampa 1



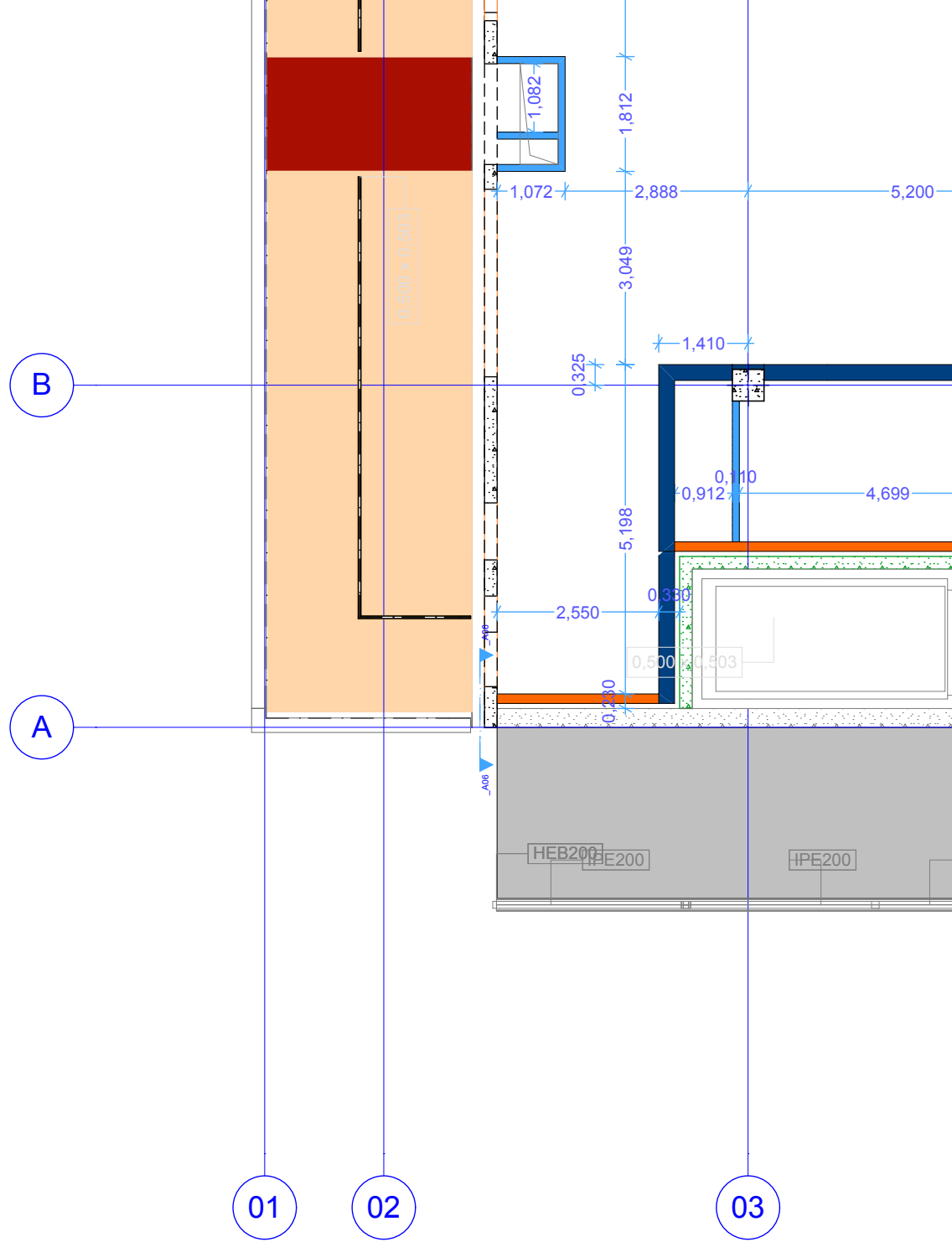


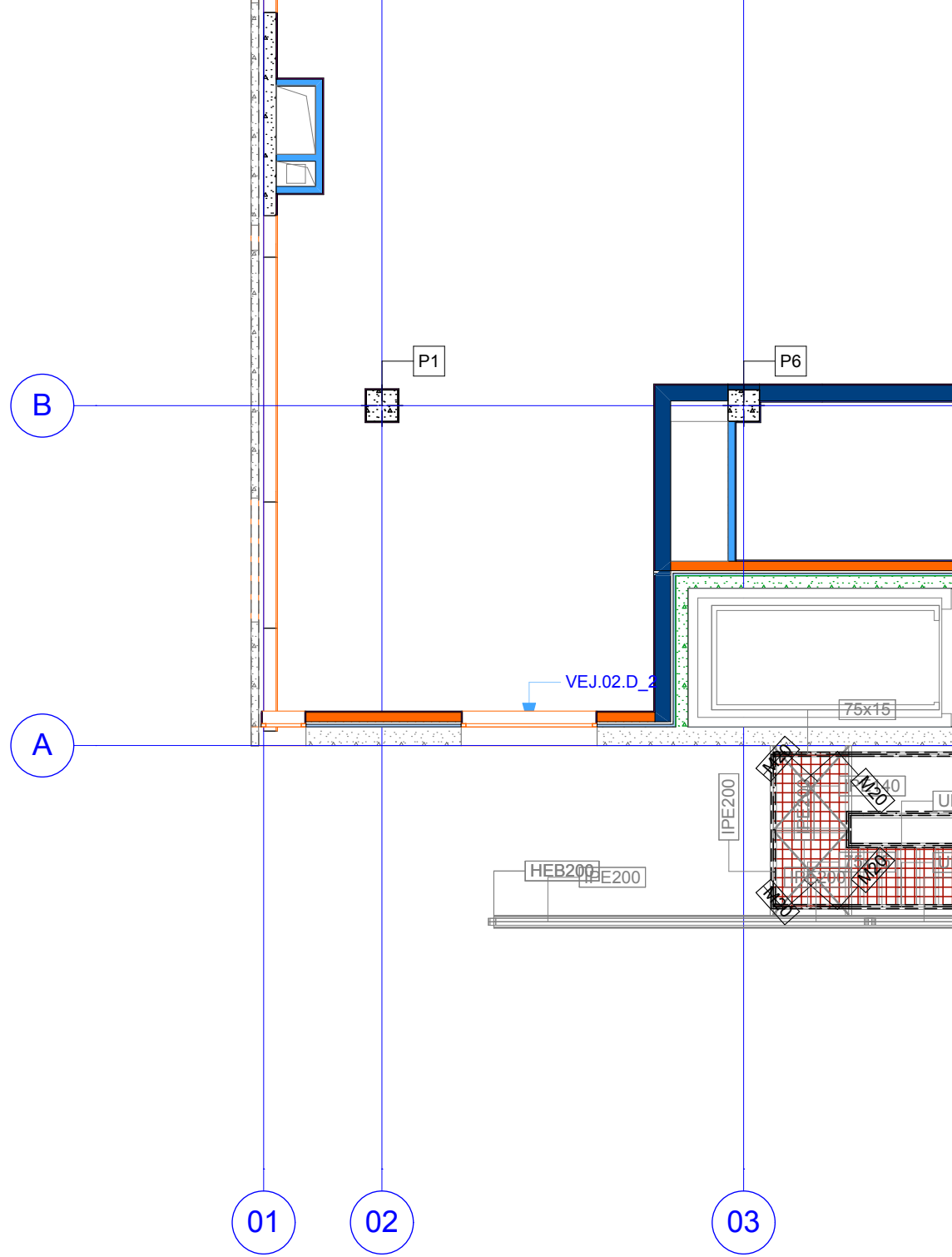
0302

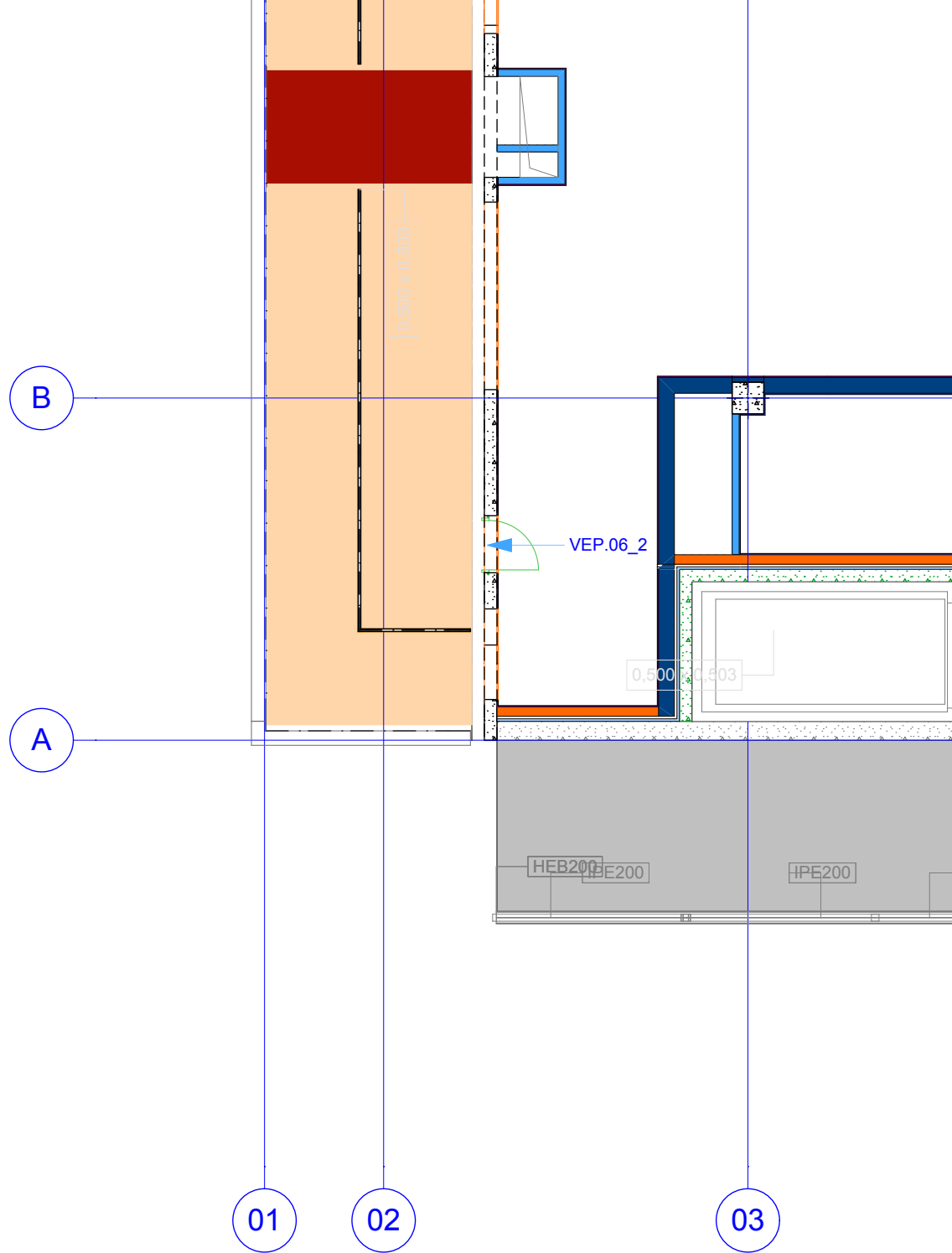




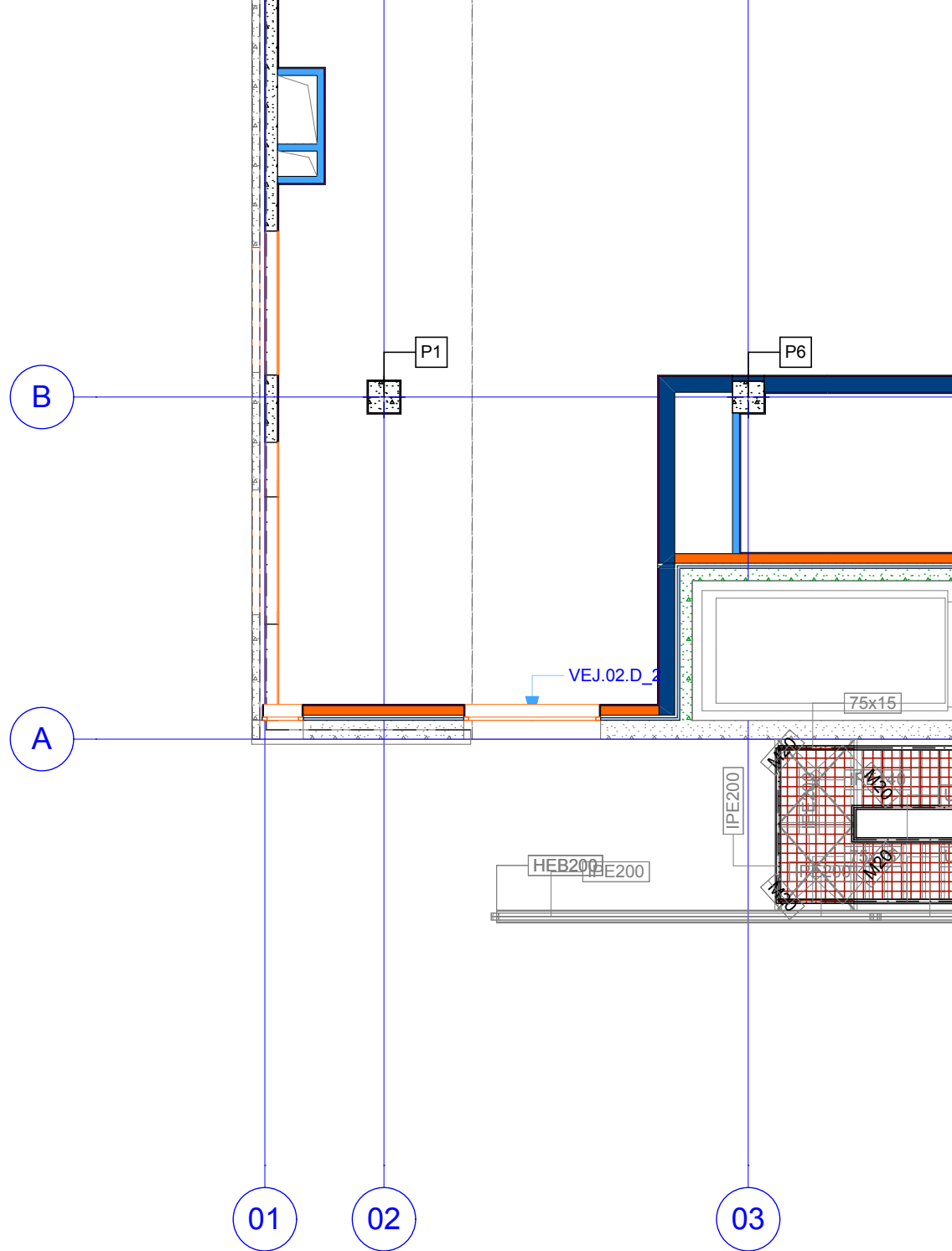




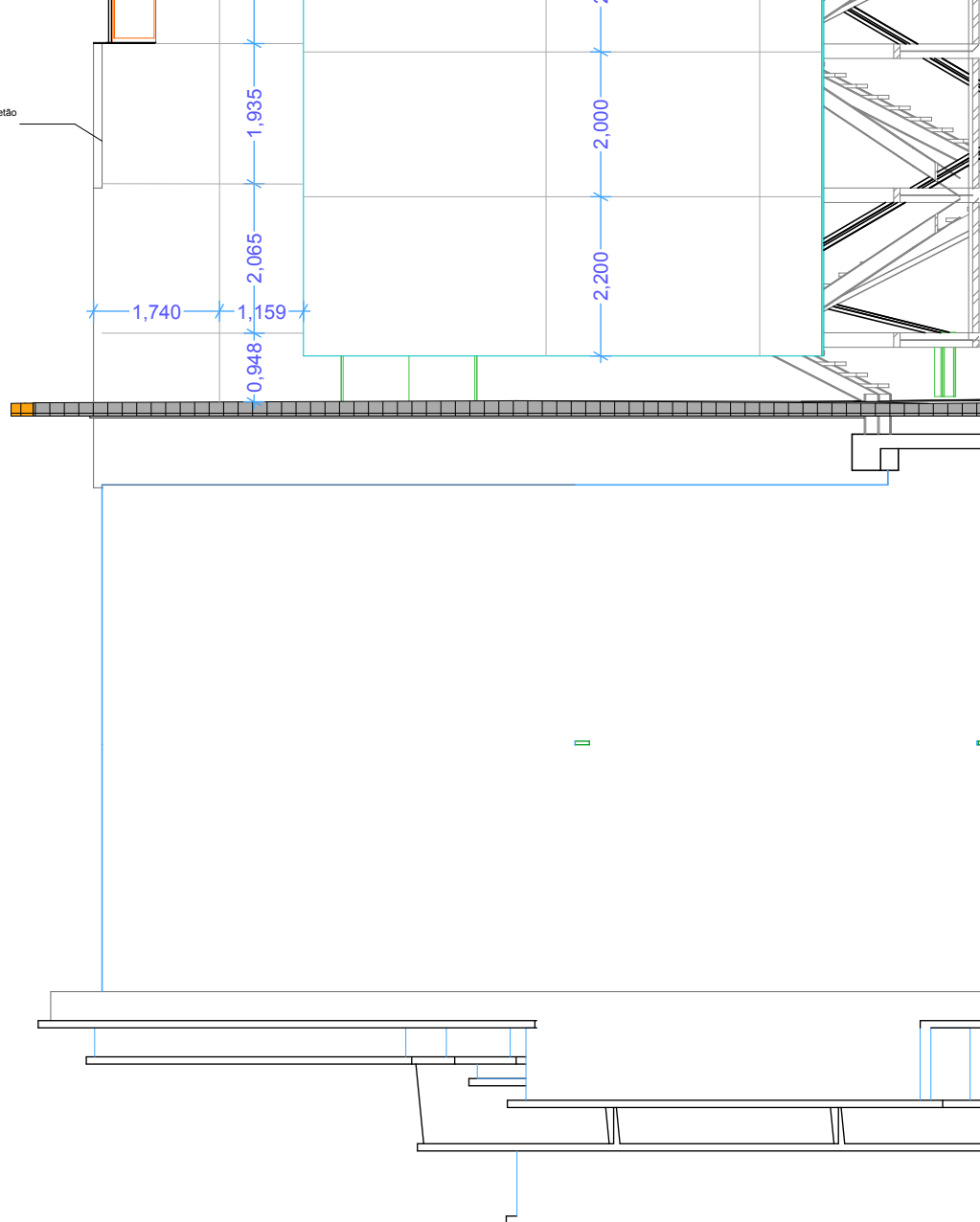




6.



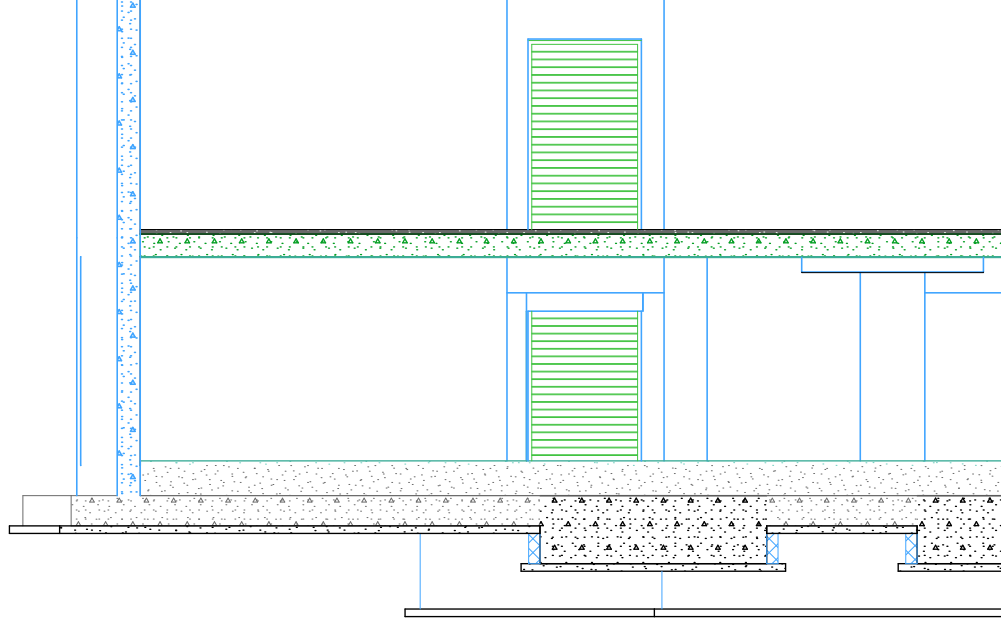
Junta relativa ao topo da placa de betão  
pré-moldado da fachada poente.  
Será para executar desta forma?



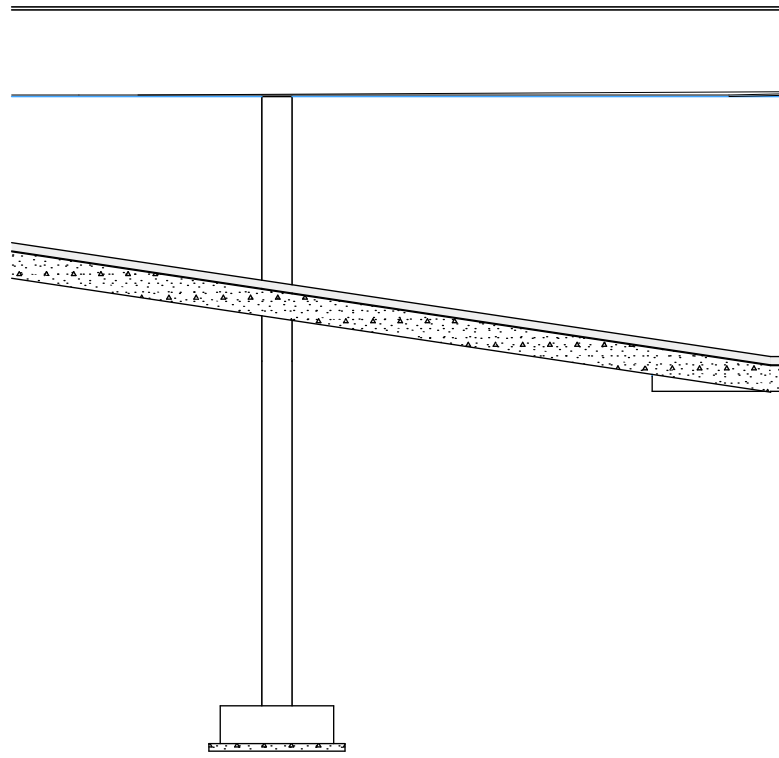
P02

P07

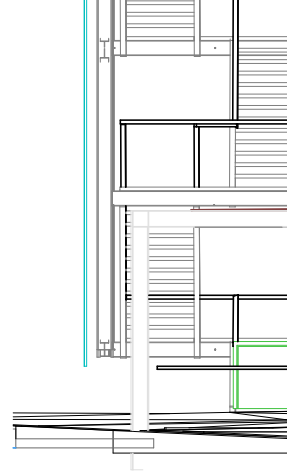




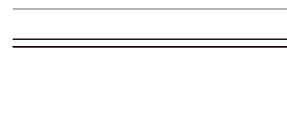
P14



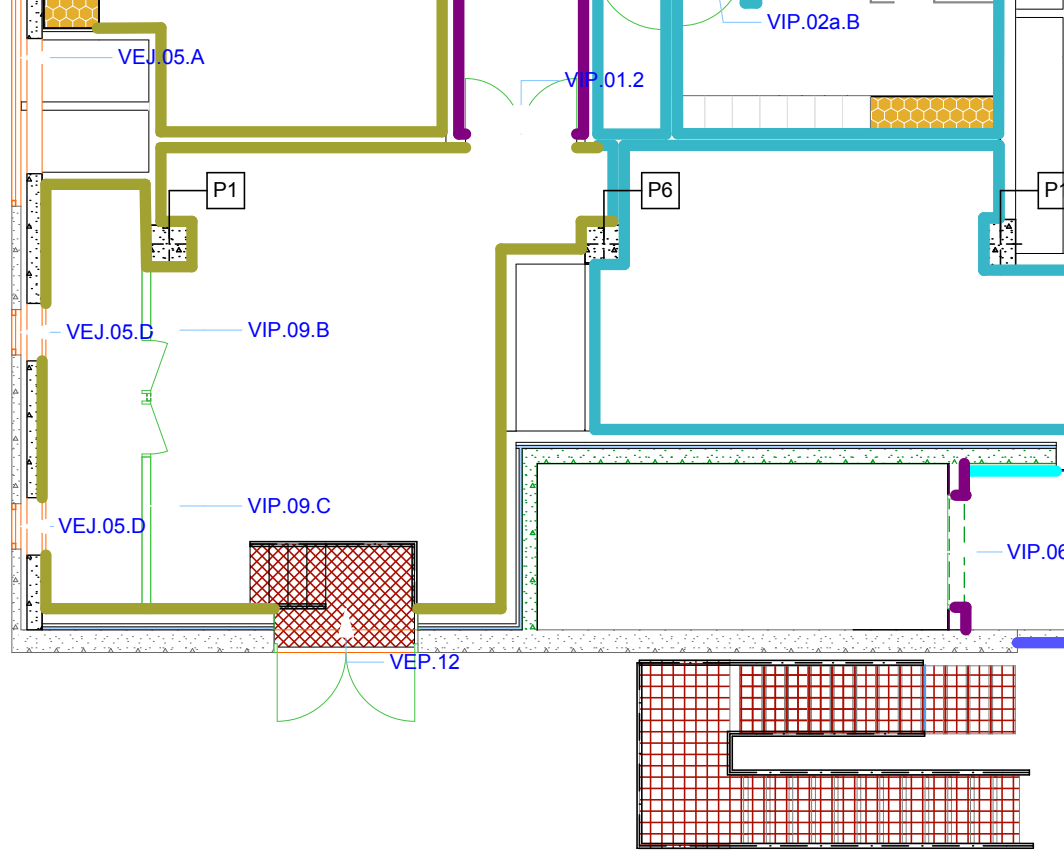
P16

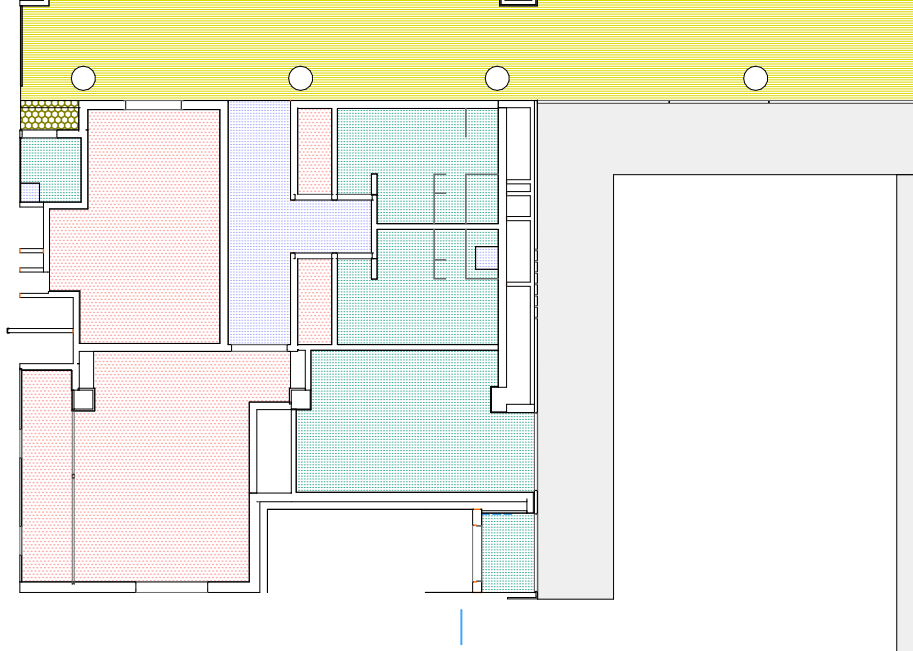


a

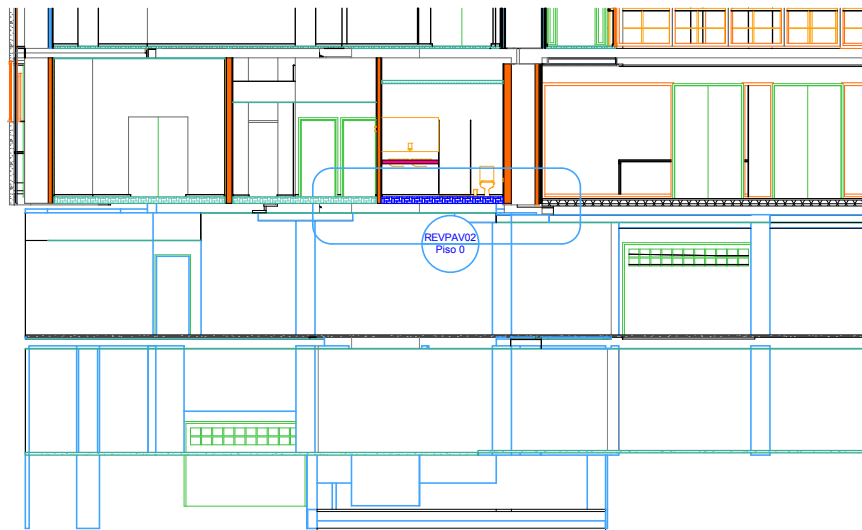
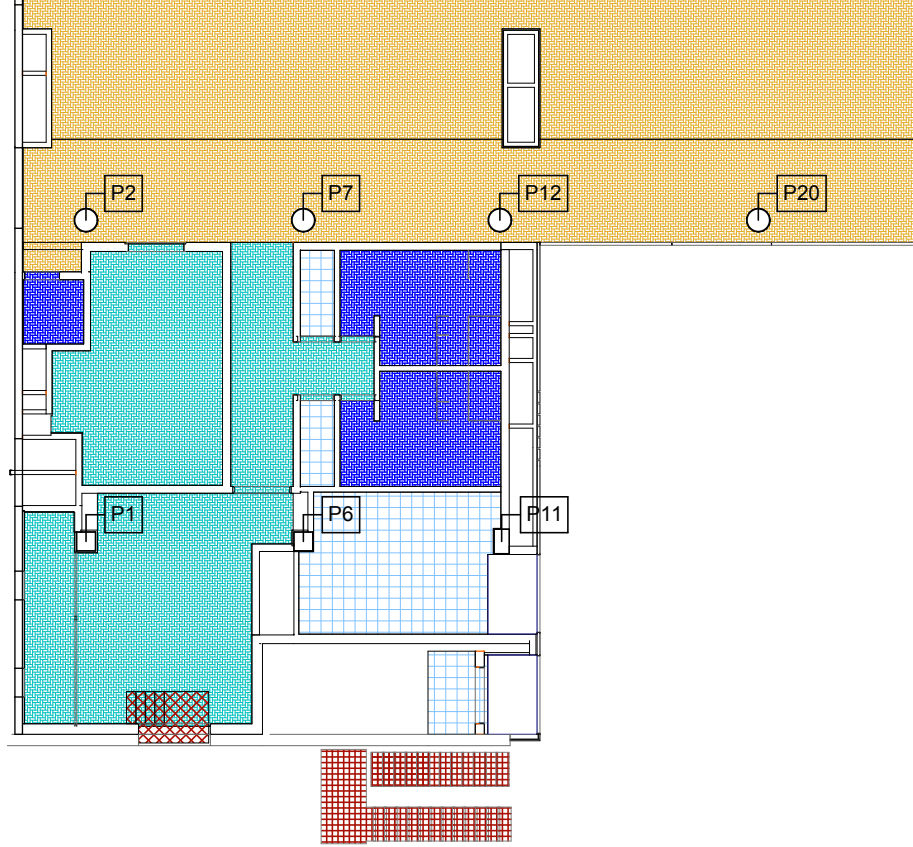


P20





0405.3



P03